

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE FOGO E
IMPACTOS NA COBERTURA DA TERRA NO PARQUE
ESTADUAL DO ARAGUAIA-MT**

LAÍS FERNANDES DE SOUZA NEVES

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre.

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2015**

LAÍS FERNANDES DE SOUZA NEVES

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE FOGO E IMPACTOS NA
COBERTURA DA TERRA NO PARQUE ESTADUAL DO
ARAGUAIA-MT**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Beatriz Schwantes Marimon

Co-orientadora: Dra. Liana Oighenstein Anderson

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2015**

Neves, Laís Fernandes de Souza.

Dinâmica espaço-temporal de fogo e impactos na cobertura da terra no Parque Estadual Araguaia-MT./Laís Fernandes de Souza Neves. – Cáceres/MT: UNEMAT, 2015.

72 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2015

Orientadora: Beatriz Schwantes Marimon

Co-orientadora: Liana Oighenstein Anderson

1. Parque Estadual Araguaia-MT - incêndios. 2. Sazonalidade - vegetação. 3. Incêndios – Parque Estadual Araguaia-MT. 4. Unidade de conservação – Parque Estadual Araguaia-MT. I. Título.

CDU: 502.5(817.2)

LAÍS FERNANDES DE SOUZA NEVES

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE FOGO E IMPACTOS NA
COBERTURA DA TERRA NO PARQUE ESTADUAL DO
ARAGUAIA/MT**

Essa dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Nova Xavantina, 30 de março de 2015.

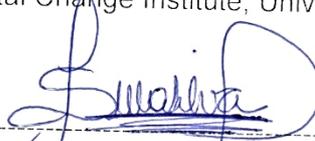
Banca examinadora



Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília - UNB



Prof. Dra. Liana Oighenstein Anderson
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Environmental Change Institute, University of Oxford



Profa. Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT



Prof. Dra. Beatriz Schwantes Marimon
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
(Orientadora)

DEDICO

À Deus, autor e guia do meu destino.

AGRADECIMENTOS

À *Deus*, por sempre me dar coragem para superar os tropeços da vida, por nunca me desamparar em todas as vezes que me senti desacreditada e perdida nos objetivos e ideais. Sem ele não teria forças para seguir essa jornada.

À *Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT*, por proporcionar a oportunidade do crescimento profissional mediante a graduação e pós- graduação.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES*, pelo apoio financeiro durante esta empreitada.

À orientadora, professora Dra. *Beatriz Schwantes Marimon* pela idealização deste trabalho, pela paciência na orientação, pela disponibilidade, confiança, pelo conhecimento e experiências compartilhadas e pelas oportunidades concedidas.

À Dra. *Liana Anderson* por seus ensinamentos, conselhos, pela gentileza e disposição em sempre me atender e ajudar. Você foi fundamental para concretização deste trabalho.

Aos professores Dr. *Henrique Augusto Mews* e Dr. *Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi* pelas valiosas sugestões e contribuições nas bancas.

Aos meus *pais, irmãos, avos, tios e primos*. Família a base de tudo, amo cada um de vocês.

À minha *mãe Cleide Marcia* pelo amor, incentivo e apoio constante nos estudos. Mulher de fibra, batalhadora e guerreira a ti devo tudo que sou.

Ao *avô Gumercindo (in memoriam)*, apesar de não vivenciar esta etapa de minha vida esteve sempre presente em pensamento. Meu melhor exemplo de vida, seus ensinamentos permanecerão para sempre comigo, sinto muita a sua falta.

À *sobrinha Ynaiad*, um dos melhores e maiores presentes da minha vida. Espero que estes passos lhe sirvam de exemplo na sua caminhada.

À *avó Sirlene Martins* pelo apoio, torcida e orações. Meu exemplo de fé.

E *Marcel*, o que dizer a você? Nem todas as palavras seriam suficientes para lhe agradecer, então deixo aqui meu sincero agradecimento pelo carinho, companheirismo, força e paciência durante esta jornada. Desde que entrou na minha vida sempre esteve ao meu lado apoiando e me fazendo acreditar que iria conseguir. Valeu a pena toda distância, todo sofrimento, todas as renúncias... Muitíssimo obrigada por tudo!

Às amigas *Marcela Almeida, Miriam Raquel e Brenda Neiva*, pelas conversas, conselhos, apoio, incentivo e amizade.

Aos colegas de turma do mestrado, em especial a *Aline Cristina* e *Angele Tatiane* pelo companheirismo e compartilhamento das angústias e vitórias. E a *Valcir Rogério* e *Paulo Mariotti* pela imensa ajuda principalmente nas aulas de estatística.

À equipe (ex e atuais colegas) do *Laboratório de Geotecnologias – LABGEO/UNEMAT*, onde estive por diversos anos e conquistei amizades, muito contribuiu para minha formação acadêmica. Em especial à professora Dra. *Sandra Mara Alves da Silva Neves*, maior responsável e incentivadora do meu prosseguimento na vida acadêmica. Obrigada pela orientação, conselhos e parceria ao longo dos últimos seis anos.

Aos alunos do *Laboratório de Ecologia Vegetal- LABEV/UNEMAT* e estudantes de Nova Xavantina - MT com os quais fiz amizades e muito me ajudaram durante a estadia nessa cidade.

Aos estudantes, bolsistas e pesquisadores do *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/São José do Campos*, em especial ao pessoal (*Egídio Arai, Aragão, Liana, Monique, Brenda, Cassya, Beth, André Lima, Kleber, Leticia e Camila*) do *Laboratório de Agricultura e Floresta - LAF* os quais me receberam muito bem nesse ambiente e estavam sempre dispostos a auxiliar nas dúvidas.

Aos que não foram citados, *amigos(as), familiares, professores(as)* e todos *aqueles(as)* que cruzaram em minha vida, a todos, minha consideração e a certeza de que todos foram importantes de alguma forma na construção do conhecimento e crescimento profissional.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	8
LISTA DE TABELAS - ARTIGO I.....	9
LISTA DE TABELAS - ARTIGO II.....	9
LISTA DE FIGURAS - ARTIGO I.....	10
LISTA DE FIGURAS – ARTIGO II.....	10
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS.....	17
ARTIGO I.....	19
ARTIGO II.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS.....	71

ARTIGO I: DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Área de estudo.....	21
Dados de queimadas.....	22
Dados de precipitação.....	23
RESULTADOS.....	24
Padrão espacial dos incêndios.....	24
Padrão temporal de incêndios e sua relação com a precipitação.....	27
DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÕES.....	36
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	37

**ARTIGO II: MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL
MULTITEMPORAL DA COBERTURA DA TERRA DO PARQUE ESTADUAL DO
ARAGUAIA-MT**

RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAIS.....	43
Área de estudo.....	43
Imagens de satélite.....	44
METODOLOGIA.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
Cobertura da Terra.....	50
Dinâmica de Inundação.....	53
Extrapolação da área inundada.....	54
Caracterização espectral da vegetação.....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BDG - Banco de Dados Geográfico

DNPVN - Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis

EVI-2 - Enhanced Vegetation Index (Índice de vegetação melhorado 2)

ha - hectare

mm - Médios mensais

MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

PEA - Parque Estadual do Araguaia

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission

UCs - Unidades de Conservação

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I: DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

Tabela 1. Imagens Landsat 5, sensor TM, dos meses de abril a outubro utilizadas para avaliação do produto MCD45A1.....	23
Tabela 2. Ocorrência e recorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.....	25
Tabela 3. Meses de ocorrência, número de polígonos, área e percentual anual da área queimada no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia.....	28

ARTIGO II: MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL MULTITEMPORAL DA COBERTURA DA TERRA DO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA-MT

Tabela 1. Imagens de satélites utilizadas no trabalho.....	45
Tabela 2. Classes de cobertura da terra no ano da criação (2001) do Parque Estadual do Araguaia.....	53
Tabela 3. Porcentagem de área inundada do Parque Estadual do Araguaia no ano de 2001.....	54

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I: DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

Figura 1. Localização do Parque Estadual do Araguaia em relação ao Estado de Mato Grosso e ao Brasil. Composição colorida (RGB) 5, 4, 3 da imagem do Landsat-7/ETM+, da órbita/pontos: 233/68 e 69 de 18/07/2001.....	22
Figura 2. A) Número de polígonos de incêndios florestais por classe de tamanho em hectares; B) Área incendiada por classe de tamanho no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia.....	25
Figura 3. Ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.....	26
Figura 4. Área queimada anual no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.....	27
Figura 5. A) Precipitação e incêndios anuais no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013; B). Média mensal de chuvas nos 14 anos analisados e incêndios mensais cumulativos.....	29
Figura 6. Relação entre incêndios e a precipitação no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.....	29
Figura 7. A) Precipitação e incêndios mensais no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013; B) Anomalia de chuvas e queimadas no Parque Estadual do Araguaia entre 2000 e 2013.....	30

ARTIGO II: MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL MULTITEMPORAL DA COBERTURA DA TERRA DO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA-MT

Figura 1. Localização do Parque Estadual do Araguaia, no leste do Estado do Mato Grosso, porção sul da Amazônia brasileira.....	44
Figura 2a. Curvas espectrais utilizadas para geração das imagens fração Landsat.....	49
Figura 2b. Curvas espectrais utilizadas para geração das imagens fração MODIS.....	49
Figura 3. Regressão entre os dados de área inundada segundo dados MODIS e precipitação oriunda do TRMM no PEA.....	50

Figura 4. Cobertura da terra do Parque Estadual do Araguaia no ano de 2001.....	51
Figura 5. Dinâmica de inundação do Parque Estadual do Araguaia entre janeiro a outubro de 2001, por meio das imagens MODIS.....	53
Figura 6. Lâmina d'água mapeada entre abril a agosto de 2001 por meio das imagens Landsat.....	54
Figura 7. Série histórica de inundação do Parque Estadual do Araguaia entre 2000 a 2010.....	55
Figura 8. Áreas amostradas para elaboração da série temporal do Índice de Vegetação EVI-2.....	57
Figura 9. A) Série temporal do Índice de Vegetação de impucas com padrão semelhante entre as curvas ao longo dos anos; B) Série temporal do Índice de Vegetação de impucas com padrão diferente entre as curvas ao longo dos anos; C) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de cerradão; D) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de cerrado típico; E) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de murundus; F) Média de precipitação do Parque Estadual do Araguaia.....	59

RESUMO

Neves, Laís Fernandes de Souza. **Dinâmica espaço-temporal de fogo e impactos na cobertura da terra no Parque Estadual Do Araguaia/MT**. Cáceres: UNEMAT, 2015. 72 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais)¹.

Esta pesquisa versa sobre o Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado no município de Novo Santo Antônio-MT, na borda sul da Amazônia. O PEA está inserido na categoria de Unidade de Proteção Integral e é considerado o maior parque estadual de Mato Grosso. O PEA foi criado em 2001 com o intuito de preservação da biodiversidade, entretanto, não há um plano de manejo implementado, sua situação fundiária ainda não foi resolvida e seu formato estreito e alongado proporcionam grande desafio para a sua conservação, fatores estes que tem contribuído para ocorrência de incêndios no parque. Neste sentido, avaliamos, na perspectiva espaço-temporal, a dinâmica de fogo e da sazonalidade de diferentes tipos de vegetação por mais de uma década no PEA utilizando dados de sensoriamento remoto. Constatou-se elevada ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia na estação seca, entre os meses de julho e outubro e variação entre os picos dos incêndios. No período entre 2000 e 2013, o fogo atingiu 633.625 hectares dentro do PEA, área esta quase três vezes superior ao seu tamanho. As áreas com maior recorrência de incêndios encontram-se nas porções norte e centro-sul do PEA. No parque normalmente os incêndios originam-se devido à perda de controle de queimadas ocasionadas por pecuaristas, que ateam fogo nos campos naturais para renovação das pastagens, sendo que, ocasionalmente os incêndios podem surgir também a partir de atividades de pescadores. Os campos de murundu, apesar de apresentarem espécies típicas de cerrado, podem estar comprometidos devido a elevada recorrência de incêndios entre os anos, visto que esta vegetação não consegue resistir a contínuas passagens de fogo. E as espécies das impucas (florestas inundáveis) são sensíveis ao fogo, e dependendo da frequência e intensidade dos incêndios esta fitofisionomia poderá desaparecer completamente do PEA. E com a redução da dinâmica de inundações tende a aumentar a ocorrência de incêndios no parque, que já ocorrem intensamente no período de seca. As informações geradas referentes ao estado do Parque Estadual do Araguaia podem subsidiar ações que visem não apenas a conservação da sua biodiversidade, mas também o processo de estabelecimento e construção de políticas de conservação, na sua aplicação e fiscalização.

Palavras-chave: Amazônia, incêndios, precipitação, inundações, sazonalidade, Unidades de Conservação.

¹ Orientadora: Dra. Beatriz Schwantes Marimon, UNEMAT.

ABSTRACT

Neves, Laís Fernandes de Souza. **Spatio-temporal dynamics of fires and impacts on land cover in Parque Estadual do Araguaia/MT**. Cáceres: UNEMAT, 2015. 72 p. (Dissertation – Master in Environmental Sciences)¹

This research deals about the State Park Araguaia (PEA), located in the municipality of Novo Santo Antonio-MT, on the southern edge of the Amazon. The PEA is placed in the category of Integral Protection Unit and is considered the greatest state park Mato Grosso. The PEA was created in 2001 with the aim of preserving biodiversity, however, there is a management plan implemented, their land situation has not yet been resolved and its narrow and elongated format provide great challenge for their conservation, these factors which has contributed to fires in the Park. In this sense, evaluate, spatio-temporal perspective, the dynamics of fire and seasonality of different vegetation types for more than a decade in PEA by using remote sensing data. It has high occurrence of fires in the State Park Araguaia in the dry season, between the months of July and October and variation between the peaks of the fires. In the period between 2000 and 2013, the fire reached 633,625 hectares within the PEA, this area almost three times its size. Areas with greater recurrence of fires are in the North and South-Central portions of the PEA. The Park normally fires originate due to loss of control of bushfires caused by ranchers, firing in natural fields for pasture renovation, being that occasionally fires can arise also from fishing activities. The fields of Damilola, despite performing typical cerrado species, may be compromised due to high recurrence of fires among years, whereas this vegetation can not resist the continuous passages of fire. And the species of impucas (flooded forests) are sensitive to fire, and depending on the frequency and intensity of fires that could disappear altogether from the showed characteristics PEA. And with dynamic reduction of flooding is likely to increase the occurrence of fires in the Park, which already occur in the dry period. The information generated relating to the State of the Parque Estadual do Araguaia can subsidise actions aimed at not only the conservation of its biodiversity, but also the process of establishment and construction of conservation policies, in their implementation and monitoring.

Keywords: Amazon, forest fires, precipitation, floods, seasonality, protected areas.

:

¹ Advisor: Dra. Beatriz Schwantes Marimon, UNEMAT.

INTRODUÇÃO GERAL

Muitos são os impactos das atividades antrópicas sobre os recursos naturais e, entre estes, a modificação da paisagem natural, fragmentando os ecossistemas e substituindo a vegetação nativa por usos humanos (DELMON, 2008). A alteração da paisagem ocasiona vários impactos ao ambiente, devida a cobertura vegetal natural ser o primeiro elemento ambiental a ser alterado, quando não suprimido por completo (NEVES *et al.*, 2013). Esta cobertura auxilia na proteção ao solo e ainda serve de habitat para animais silvestres, contribuindo, desta forma, para a manutenção da biodiversidade (UMETSU, 2005).

A entrada de fogo é uma das principais formas de destruição da vegetação e ameaça à biodiversidade. Incêndios são empregados nas diversas formas de produção, praticadas tanto por comunidades tradicionais quanto em sistemas com altos níveis de tecnicidade (COUTINHO e CORNÉLIO, 2010). Apesar disso, vêm sendo intensificado nas últimas décadas, o que tem afetado a saúde humana e alterado a fauna e a flora em todo território nacional (FRANÇA e FERREIRA, 2005).

Em formações savânicas o fogo pode contribuir nos processos de adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas (PIVELLO, 2011). No entanto, a constante ocorrência de incêndios tende a tornar as áreas mais abertas, além de afetar outros elementos, como o solo, a fauna e a atmosfera (DURIGAN e RATTER, 2006). Em formações florestais a frequência do fogo pode modificar a estrutura, composição florística e o funcionamento das comunidades (NEPSTAD *et al.*, 2008). Matricardi *et al.* (2013) observaram que áreas da floresta Amazônica que foram impactadas por cortes podem se recuperar mais rapidamente do que aquelas que sofreram distúrbios por incêndios florestais. Neste caso, é necessário compreender a dinâmica do fogo nos diferentes tipos de vegetação, incluindo aqueles que representam a zona de transição floresta-savana, para compreender as mudanças ao longo do tempo (MARACAHIPES *et al.*, 2014).

Mato Grosso é um dos estados brasileiros com maior número de focos de fogo, concentrados na estação seca (maio a outubro) (ANDERSON *et al.*, 2005), com grandes áreas de florestas degradadas (MATRICARDI *et al.*, 2010; 2013), sendo a única unidade federativa do País na qual ocorrem os biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia, e transição entre os mesmos. Além do Pantanal, o estado conta ainda com

parte da extensa planície de inundação do Rio Araguaia, na borda sul-Amazônica, onde ocorre um mosaico de formações florestais e savânicas (MARIMON *et al.*, 2012b; 2014).

A planície do Rio Araguaia pode ser considerada a maior área contínua brasileira que passa por inundação durante o período chuvoso (MARTINI, 2006) e foi classificada como área de importância biológica extremamente alta, com a recomendação de ações de manejo sustentado e criação de unidades de conservação (MMA, 1999). Entretanto, esta planície está localizada no “arco do desmatamento” (FEARNSIDE, 2005) perpassando por impactos antrópicos descontrolados, principalmente pelo turismo de massa e por incêndios, que vem ameaçando a biodiversidade da região (MARIMON *et al.*, 2008).

Em unidades de conservação incêndios são proibidos, visto que, o fogo representa um dos principais problemas para a fauna e flora e dependendo da intensidade pode destruir totalmente a vegetação de um determinado ambiente (BRASIL, 2000; MARIMON *et al.*, 2008). Portanto, a criação de Unidades de Conservação tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica (PMPEA, 2007). Segundo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000) – há 12 categorias de UCs, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo, mas em todas são proibidos incêndios intencionais e criminosos.

O Parque Estadual do Araguaia (PEA) está inserido na categoria de Unidade de Proteção Integral, de acordo com o SNUC (2000), e é considerado o maior parque estadual de Mato Grosso. O PEA apresenta um formato estreito e comprido o qual proporciona grande desafio para sua conservação, pois exige maior esforço de fiscalização e controle, sofrendo com os efeitos de borda provocados pelas áreas vizinhas (MARIMON *et al.*, 2008). Os referidos autores também abordam que devido à ocorrência de inundação sazonal a fauna e flora do PEA possuem características peculiares, algumas não encontradas em nenhum outro lugar do planeta, como as extensas áreas de varjão (campos de murundus) e as florestas inundáveis (impucas), peculiares da região.

Até o presente momento o parque não possui um Plano de Manejo implementado e sua situação fundiária permanece não resolvida, visto ainda haver cerca de 30 famílias residindo em seus limites, as quais utilizam direta e indiretamente seus recursos naturais e praticam a pecuária extensiva, que pode afetar a degradação das formações vegetais (BARBOSA, 2009).

Estudos têm demonstrado que o PEA passa por fortes pressões causadas por atividades antrópicas, especialmente os incêndios (MARIMON *et al.*, 2008; 2012). Neste caso, os objetivos de sua criação não teriam sido concretizados, visto que as unidades de conservação para proteção integral da biodiversidade devem transformar o que são, frequentemente, áreas não manejadas, em entidades bem administradas que, efetivamente, conservem a biodiversidade (RYLANDS e BRANDON, 2005). Desta forma, o PEA pode ser considerado como uma “Unidade no papel”, já que foi criado pelo poder público sem que houvesse continuidade dos investimentos necessários à sua consolidação (SALMONA *et al.*, 2014).

Assim, tendo como universo de estudo o Parque Estadual do Araguaia, objetivou-se avaliar, numa perspectiva espaço-temporal, a dinâmica de incêndios florestais e da cobertura da terra. Dessa forma, no presente trabalho foram abordadas algumas questões: i) Qual a dinâmica espaço-temporal dos incêndios florestais e cobertura da terra na área do PEA?; ii) Quais os fatores que mais contribuiriam com os padrões espaciais e temporais para ocorrência do fogo?; iii) Quais os principais impactos decorrentes da ocorrência do fogo no parque?; As informações geradas sobre o PEA poderão subsidiar ações que visem não apenas a conservação da sua biodiversidade, mas também contribuirão com o processo de estabelecimento e construção de políticas públicas de conservação, na sua aplicação e fiscalização.

Visando o entendimento das questões expostas, esta dissertação encontra-se estruturada em dois capítulos, em forma de artigos, conforme os periódicos selecionados para submissão. O primeiro artigo **“Dinâmica de fogo no Parque Estadual do Araguaia, zona de transição Amazônia-Cerrado”** refere-se à caracterização da dinâmica espaço-temporal de incêndios no PEA entre 2000 e 2013. O segundo artigo **“Mapeamento e caracterização espectral multitemporal da cobertura da terra do Parque Estadual do Araguaia-MT”** refere-se à caracterização da cobertura vegetal do PEA, da dinâmica de inundação e o monitoramento espectral das formações vegetais entre os anos de 2000 e 2010.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 4, p. 445-456, 2005.
- BARBOSA, D. C. F. **Estrutura e composição florística de dois fragmentos naturais de florestas inundáveis (impucas) no Parque Estadual do Araguaia-MT**. 2009, 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, MT, 2009.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Brasília, DF, 2000.
- COUTINHO, A. C.; CORNÉLIO, G. Precisão posicional dos dados de queimada na região do pantanal brasileiro. **3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, p. 676 - 682, 2010.
- DELMON, J. M. G.; Neves, S. M. A. S. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do uso da terra nas áreas especiais da bacia do rio Paraguai/Jauquara, MT - Brasil. **IV CONIC** - Congresso de Iniciação Científica da Unemat, Cáceres: Editora da Unemat, 2008.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n.1, p. 119-130, 2006.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- FRANÇA, D. A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3017-3023, 2005.
- MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; LENZA, E.; MARIMON JUNIOR, B.; OLIVEIRA, E. A.; MEWS, H. A.; GOMES, L.; FELDPAUSCH, T. R. Post-fire dynamics of woody vegetation in seasonally flooded forests (impucas) in the Cerrado-Amazonian forest transition zone. **Flora**, v. 209, n. 5-6, p. 260-270, 2014.
- MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; FELDPAUSCH, T. R.; SANTOS, C. O.; MEWS, H. A.; GONZALEZ, G. L.; LLOYD, J.; FRAN CZAK, D. D.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E.; PHILLIPS, O. L. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest–cerrado transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 7, n. 1-2, p. 281-292, 2014.
- MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S.; FRAN CZAK, D. D.; LIMA, H. S.; et al. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 181-196, 2012.
- MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; LIMA, H. S.; JANCOSKI, H. S.; FRAN CZAK, D. D.; MEWS, H. A.; MORESCO, M. C. **Pantanal do Araguaia - ambiente e povo: guia de ecoturismo**. Cáceres: UNEMAT, 2008, 95p.

MARTINI, P.R. Áreas Úmidas da América do Sul Registradas em Imagens de Satélites. In: Silva, J.S.V.; Abdon, M.M. (Eds.). **Geotecnologia no Pantanal**. Campo Grande, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 876-882, 2006.

MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CHOMENTOWSKI, W. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086, 2013.

MATRICARDI, E. A.T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CHOMENTOWSKI, W.; FERNANDES, L. C. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 5, p. 1117-1129, 2010.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal**. MMA/FUNATURA/Conservation International/Fund. Biodiversitas/UnB. Brasília-DF, 1999.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; SOARES FILHO, B.; MERRY, F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1498, p. 1737–1746, 2008.

NEVES, L. F. S.; NEVES, S. M. A. S.; CANALE, G. R. Análise da fragmentação de Cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 2, p. 130-149, 2014.

PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24- 39, 2011.

PMPEA – **Plano de Manejo do Parque Estadual do Araguaia**. Secretária de Estado do Meio Ambiente – Cuiabá. CUC/SEMA, 2007. 230p.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27-35, 2005.

SALMONA, Y. B.; RIBEIRO, F. F.; MATRICARDI, E. A. T. Parques “no papel” conservam? O caso do Parque Dos Pireneus Em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 295-310, 2014.

UMETSU, F. **Pequenos mamíferos em um mosaico de habitats remanescentes e antropogênicos: qualidade de matriz e conectividade em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica**. 2005. 125p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.

ARTIGO I

Dinâmica de fogo no Parque Estadual do Araguaia, zona de transição Amazônia-Cerrado

Laís Fernandes de Souza NEVES¹, Beatriz Schwantes MARIMON², Liana Oighenstein ANDERSON³ e Sandra Mara Alves da Silva NEVES⁴

[Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Acta Amazonica]

RESUMO

O Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado na borda sul da Amazônia e a nordeste do estado de Mato Grosso, ocupa grande parte da planície de inundação do Rio Araguaia. Contudo, o PEA está sendo fortemente impactado pela ocorrência de incêndios. O presente estudo objetivou caracterizar a dinâmica espaço-temporal de incêndios ocorridos entre 2000 e 2013 no PEA. Adquirimos os dados de área queimada do produto Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Burned Area - MOD45 e os dados de precipitação do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Identificamos os picos de ocorrência de incêndios florestais, as áreas mais afetadas e os anos mais críticos, relacionando a área queimada com a precipitação pluviométrica mensal. Durante os 14 anos de estudo 633.625 hectares foram atingidos pelo fogo, área que corresponde a quase três vezes o tamanho do PEA. As maiores áreas atingidas por incêndios florestais foram registradas em 2007, 2010 e 2012. Observamos ainda um crescimento exponencial de incêndios quando a chuva mensal foi inferior a 150 mm, com picos de incêndios nos meses de agosto e setembro. O PEA é uma unidade de proteção integral onde deveriam ser adotadas estratégias de gestão do fogo, principalmente nas florestas sazonalmente inundáveis. Entretanto, o poder público não tem sido eficiente, visto que incêndios têm sido muito frequentes e recorrentes no PEA, ameaçando sua biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE: MODIS, sensoriamento remoto, Unidade de Conservação, precipitação, incêndios florestais.

Fire dynamics in the Araguaia State Park, Amazonia-Cerrado transition zone

ABSTRACT

The Araguaia State Park (PEA), located in the southern Amazon border and northeastern Mato Grosso state, encompasses a large area of the Araguaia River floodplain. However, the PEA is being heavily impacted by fire events. Based on it, this study aimed to characterize the spatiotemporal dynamics of fires between 2000 and 2013 in the PEA. We acquired burned areas data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) MOD45 product, and precipitation data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. We identified the peak in fire occurrence, the most affected areas, and the most critical years,

¹ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – UNEMAT, Cáceres - MT. E-mail: lais_geografia@hotmail.com.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNEMAT, Cáceres - MT e do Programa de Pósgraduação em Ecologia e Conservação – UNEMAT, Nova Xavantina - MT. E-mail: biamarimon@hotmail.com.

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto – INPE, São José dos Campos - SP. E-mail: liana.anderson@gmail.com.

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola – UNEMAT, Tangará da Serra – MT. E-mail: ssneves_geo@hotmail.com

relating the burned area with monthly rainfall. During 14 years of this study, 633,625 ha were burned, covering an area almost three times larger than the PEA. The larger burned areas were observed in 2007, 2010 and 2012. We also observed an exponential growth of the burned areas when the monthly rainfall was less than 150 mm, and fire peaks in August and September. The PEA is an integral conservation full protected area where fire management strategies should be adopted, especially in the seasonal flooding forests. However, the public authority has not been effective, since fire events have been very frequent and recurrent, threatening its biodiversity. **KEYWORDS:** MODIS, remote sensing, Conservation Unit, rainfall, forest fire.

INTRODUÇÃO

Incêndios florestais estão entre os maiores fatores de alteração de áreas naturais. O fogo é, portanto, uma das principais formas de destruição da vegetação e ameaça à biodiversidade (Medeiros e Fiedler 2004). Dentre seus danos podem ser destacados a influência na fertilidade do solo, destruição da biodiversidade, fragilização de ecossistemas, produção de gases nocivos à saúde humana, diminuição de visibilidade atmosférica, entre outros (Torres 2006). Matricardi et al. (2013) demonstraram que na Amazônia florestas atingidas pelo fogo costumam demorar mais tempo para se recuperar do que aquelas que sofreram cortes.

Além disso, o fogo provoca alterações nos ecossistemas, transformando-os em fontes terrestres de emissão de gases de efeito estufa (Barbosa e Fearnside 1999). Mato Grosso é um dos estados brasileiros com maior número de focos de incêndios, concentrados na estação seca, de maio a outubro (Anderson et al. 2005) apresenta grandes áreas de florestas degradadas (Matricardi et al. 2013), sendo a única unidade federativa do País na qual ocorrem os biomas Pantanal, Cerrado, Amazônia e a transição entre os mesmos.

Além do Pantanal, o Estado conta ainda com parte da extensa planície de inundação do Rio Araguaia (Planície Sedimentar do Bananal), na borda sul-Amazônica, onde ocorre um mosaico de formações florestais e savânicas (Marimon et al. 2012b). Entretanto, esta planície está localizada no “arco do desmatamento” (Fearnside 2005), perpassando por impactos antrópicos descontrolados, principalmente pela pecuária extensiva, turismo em massa e por incêndios florestais, ameaçando a biodiversidade da região (Marimon et al. 2008).

A planície do Rio Araguaia é considerada a maior área contínua brasileira que passa por inundação durante o período chuvoso (Martini 2006) e foi classificada como área de importância biológica extremamente alta pela Convenção de Ramsar, também conhecida como Convenção sobre Áreas Úmidas (Ramsar 1971; www.ramsar.org), com a recomendação de ações de manejo sustentado e criação de unidades de conservação (MMA 1999). Em unidades de conservação os incêndios são proibidos ou devem ser rigorosamente controlados, considerando que o fogo representa um dos principais problemas para a fauna e flora, pois

dependendo da intensidade pode destruir totalmente a vegetação de um determinado ambiente (Brasil 2000; Marimon et al. 2008; Alves et al. 2013).

Para elaborar políticas de controle, manejo e prevenção de fogo é importante gerar informações sobre o perfil espacial e temporal do mesmo. E para o PEA não existem quantificações de ocorrência e recorrência de incêndios florestais. Assim, o presente estudo objetivou caracterizar a dinâmica espaço-temporal de incêndios florestais ocorridos no Parque Estadual do Araguaia entre os anos de 2000 e 2013. Foram identificados os picos de ocorrência de incêndios, as áreas mais afetadas e os anos mais críticos nos últimos 14 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado no município de Novo Santo Antônio, estado de Mato Grosso (Figura 1), na borda sul da Amazônia. Criado em 2001 pela Lei Estadual nº 7.517, o parque possui área total de 223.169,5 hectares e está inserido na categoria de Unidade de Proteção Integral, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC 2000). Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que o PEA passa por fortes pressões causadas por atividades antrópicas, especialmente incêndios descontrolados que impactam principalmente as fitofisionomias florestais (Marimon et al. 2008; 2012b; Maracahipes et al. 2014).

Localizado entre o Rio das Mortes e o Rio Araguaia, o PEA encontra-se em área abrangida pela Planície do Araguaia, também denominada como Pantanal do Araguaia. Sua área é caracterizada pela transição da vegetação de Cerrado, Pantanal e Amazônia, considerada no contexto brasileiro como uma das regiões de maior biodiversidade (Marimon et al. 2008; 2012b).

A opção pela investigação desta área foi baseada nas suas fitofisionomias diferenciadas, caracterizadas por uma paisagem coberta por extensas áreas de varjão (parque de cerrado ou campos de murundus) e campos limpos, manchas de cerrado sentido restrito, cerradão e florestas sazonalmente inundáveis, às margens dos rios (floresta ciliar) ou em fragmentos de florestas naturais (impucas), dispersos pela extensa planície de inundação (Marimon et al. 2008; 2012b).

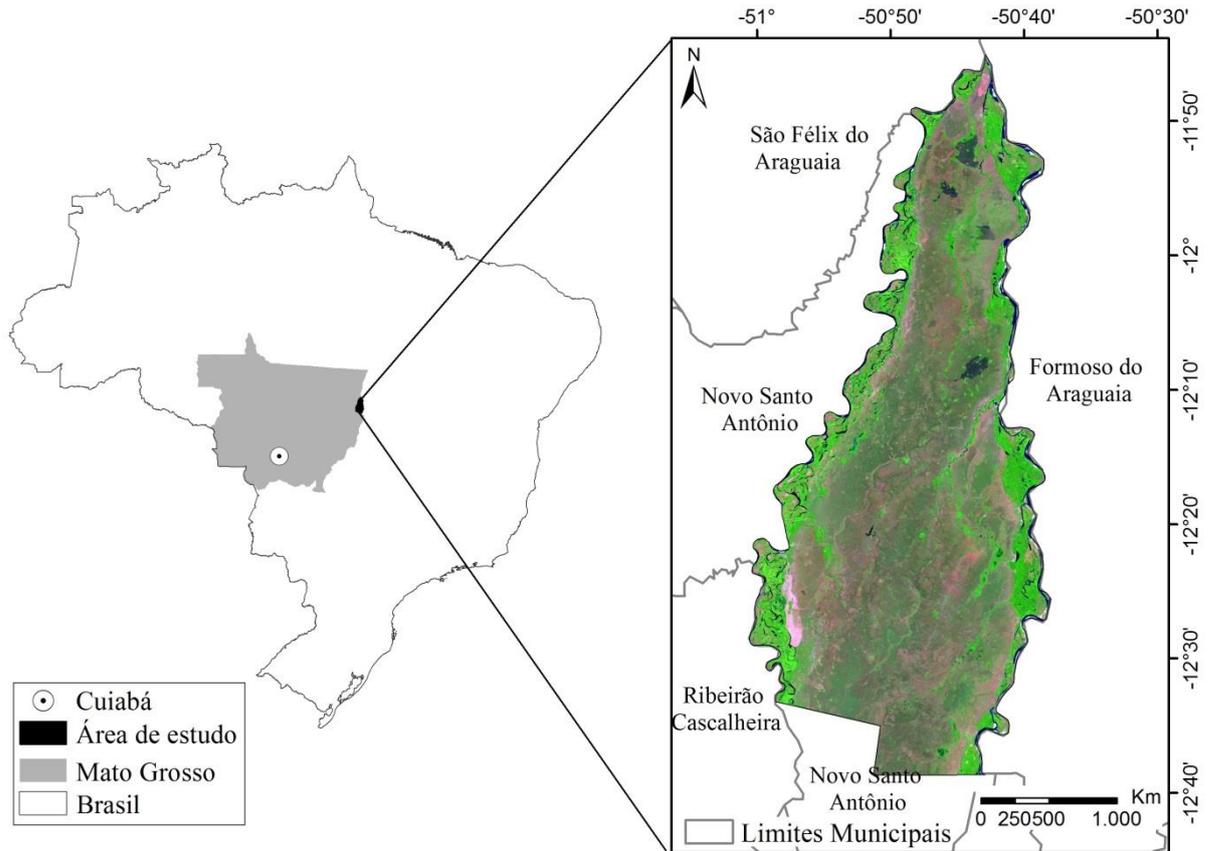


Figura 1. Localização do Parque Estadual do Araguaia em relação ao Estado de Mato Grosso e ao Brasil. No detalhe, composição colorida (RGB) 5, 4, 3 da imagem do Landsat-7/ETM+, da órbita/pontos: 233/68 e 69 de 18/07/2001.

Os dados de área queimada foram adquiridos do produto Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) MOD45 – Burned Area product, coleção 5.1 (Boschetti et al. 2013), do período de 2000 a 2013, disponibilizados em formato geotiff e shapefile, com resolução espacial de 500 m e resolução temporal mensal, obtido do satélite Terra/MODIS. Estes dados apresentam pixels detectados como queimada mensalmente que são convertidos diretamente para áreas queimadas (Oliveras et al. 2014). A coleção 5.1 apresenta melhoria em diversos aspectos em relação à coleção 5, entre eles a correção de erros de omissão em superfícies com temperatura superior a $327,7^{\circ}\text{C}$, testes espectrais mono-temporais para redução de erros, principalmente os relacionados a agricultura, e testes multi-temporais para remoção de erros omitidos sobre determinadas florestas e áreas agrícolas (Boschetti et al. 2013).

O produto queimadas do MODIS tem a vantagem de focar na cicatriz da queimada e, portanto, mesmo dias após a ocorrência do fogo ainda é possível detectar que uma determinada área foi afetada. Por outro lado, o produto de área queimada é gerado mensalmente devido ao grande número de processamento de dados que são necessários para gerá-lo. Uma limitação do produto refere-se a incêndios que talvez não deixem cicatrizes, como por exemplo, o fogo em

sub-bosque, ou a queimada pode ser pequena de tal forma que não é detectada pelo produto, gerando assim, subestimativa de área queimada.

Os dados do produto de área queimada do sensor MODIS apresentam-se validados, conforme discutido nos trabalhos de Boschetti et al. (2008) e Roy e Boschetti (2009). Apesar de alguns estudos não abordarem a necessidade de validação local e regional do produto MODIS (Araújo et al. 2012), diferenças entre os produtos MODIS de área queimada (MCD45 e MCD64) são conhecidas, e as incertezas em relação a área queimada foram quantificadas (Tsela et al. 2014). E no Arco do desmatamento, devida acentuada intensidade de fogo ao longo da transição Amazônia - Cerrado, incêndios são claramente identificado pelo produto MCD45, visto que detestações térmicas na região são duas vezes maiores do que em qualquer lugar do mundo (Araújo et al. 2012).

No presente estudo, o ano de 2011 foi selecionado como base para uma análise visual de presença de cicatrizes de fogo, visando uma inspeção da qualidade do produto MCD45. Foram utilizadas 14 cenas do Landsat 5, sensor TM, dos meses de abril a outubro (Tabela 1), e as cenas foram minuciosamente inspecionadas visualmente de forma a detectar cicatrizes de áreas queimadas.

Tabela 1. Imagens Landsat 5, sensor TM, dos meses de abril a outubro utilizadas para avaliação do produto MCD45A1.

Cenas	Data
223-68	02/04/2011
223-69	02/04/2011
223-68	02/05/2011
223-69	02/05/2011
223-68	03/06/2011
223-69	03/06/2011
223-68	13/07/2011
223-69	13/07/2011
223-68	06/08/2011
223-69	06/08/2011
223-68	07/09/2011
223-69	07/09/2011
223-68	02/10/2011
223-69	02/10/2011

Os dados de precipitação utilizados foram obtidos pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), produto 3B43, versão 7 e 7^a. Tais dados de precipitação correspondem a séries temporais de dados médios mensais de chuva (mm/mês), com resolução espacial de aproximadamente 27 km². Anderson et al. (2013) mostraram que as estimativas de precipitação obtidas a partir dos dados deste satélite para a Amazônia superestimam as chuvas

abaixo de 175 mm e subestimam as chuvas acima de 300 mm. No entanto, pode-se considerar que tais estimativas são consistentes e potenciais para a caracterização sazonal das chuvas.

Pereira et al. (2013), ao relacionarem os dados estimados pelo TRMM com 183 estações meteorológicas distribuídas pelo Brasil, registraram 97% de concordância entre os dados. Além disso, estes dados são primordiais para regiões com déficit de estações meteorológicas de campo, sendo que há um número insignificante de falhas em suas séries temporais (Collischonn 2007).

Para a análise dos dados de área queimada os dados do produto MODIS foram importados para o Sistema de Informação Geográfica ArcGis 9.2 (ESRI 2007). Posteriormente, os dados foram recortados para contemplar apenas a área de estudo. Baseando-se nos dados de área queimada foram realizadas análises espaciais e temporais para caracterizar os meses de pico de incêndios, as áreas mais afetadas e os anos mais críticos.

Para analisar a dinâmica espacial dos incêndios os dados de área queimada mensais, anuais e totais foram sistematizados nas seguintes classes de tamanho em hectares: <25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200, 200-300, 300-400, 400-500, 500-750, 750-1.000, 1.000-5.000, 5.000-10.000 e >10.000. Os dados mensais de precipitação corresponderam ao período de janeiro de 2000 a dezembro de 2013 e foram analisados por meio de uma regressão linear para verificar a relação entre os incêndios e a incidência de chuvas.

Para quantificar os anos extremos de chuvas e incêndios no PEA foram calculadas anomalias mensais para o período de estudo, de acordo com a metodologia proposta por Aragão et al. (2007). A identificação de anomalias é fundamental, no caso de se querer explicar uma dada variável Z a partir de outra variável X, se ambas estão submetidas a variabilidades ligadas ao curso das estações do ano, geralmente verificadas quando os dados numéricos têm expressão mensal (Xavier e Xavier 1998). Valores que variam entre -1 e 1 não são significativamente diferentes da média, enquanto valores maiores ou menores indicam que as variáveis positivas são maiores e as negativas são menores que a média.

RESULTADOS

Padrão espacial dos incêndios

No PEA, entre 2000 e 2013, 633.625 hectares foram atingidos pelo fogo, correspondente a quase três vezes a área total do parque. Entretanto, ao longo dos 14 anos investigados, 36.569 hectares, localizados às margens dos rios das Mortes e Araguaia (16% da área do parque), não apresentaram ocorrência de incêndios. Os anos mais críticos de ocorrência de incêndios no PEA

foram 2007, quando 58% de sua extensão foram queimados e 2010, com 84% de sua área atingida pelo fogo.

No período avaliado o número de incêndios florestais totalizou 4.532 polígonos (Figura 2A), dos quais 85% corresponderam à classe >10-100 hectares, totalizando 128.049 hectares. Apesar do baixo número de polígonos de maior dimensão (>100 hectares), estes corresponderam a 80% da área queimada, ou seja, 505.437 hectares (Figura 2B).

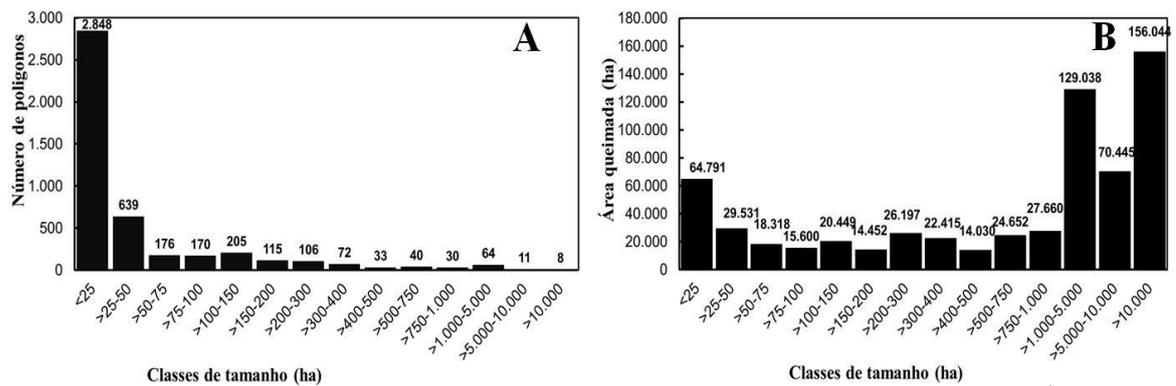


Figura 2. A) Número de polígonos de incêndios florestais por classe de tamanho em hectares; B) Área queimada por classe de tamanho no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia.

A recorrência de incêndios florestais variou entre duas a oito vezes em 14 anos, concentradas nas porções norte e centro-sul do PEA. As áreas que queimaram quatro vezes corresponderam a 20% das áreas de recorrência, as que queimaram três vezes correspondem a 19%, as que queimaram duas ou cinco vezes corresponderam a 15% e as que queimaram acima de seis vezes representaram aproximadamente 5% das áreas de recorrência (Tabela 2). No total, 161.336 hectares apresentaram recorrência de incêndios no período de 14 anos, 25.263 hectares queimaram somente uma vez e 36.569 hectares não queimaram durante a série analisada.

Tabela 2. Ocorrência e recorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.

Número de ocorrências	Área (ha)	%
0	36.569	16
1	25.263	11
2	33.719	15
3	42.285	19
4	43.591	20
5	33.096	15
6	8.136	4
7	463	>1
8	46	>1
Total	223.169	100

Entre os anos de 2000 e 2013 ocorreu maior concentração de incêndios florestais nas porções norte e centro-sul do PEA. Nas recorrências de duas e três vezes foram encontrados intervalos de no mínimo um ano entre as ocorrências; nas recorrências de cinco vezes, 26% ocorreram em 3 anos consecutivos; para os eventos de seis recorrências, 50% ocorreram em 3 anos e 35% em 4 anos consecutivos; nas de sete vezes, 70% ocorreram em 4 anos consecutivos e nas de oito vezes ocorreram duas sequências de 3 anos e uma de 2 anos consecutivos, com intervalo de 1 ano (Figura 3).

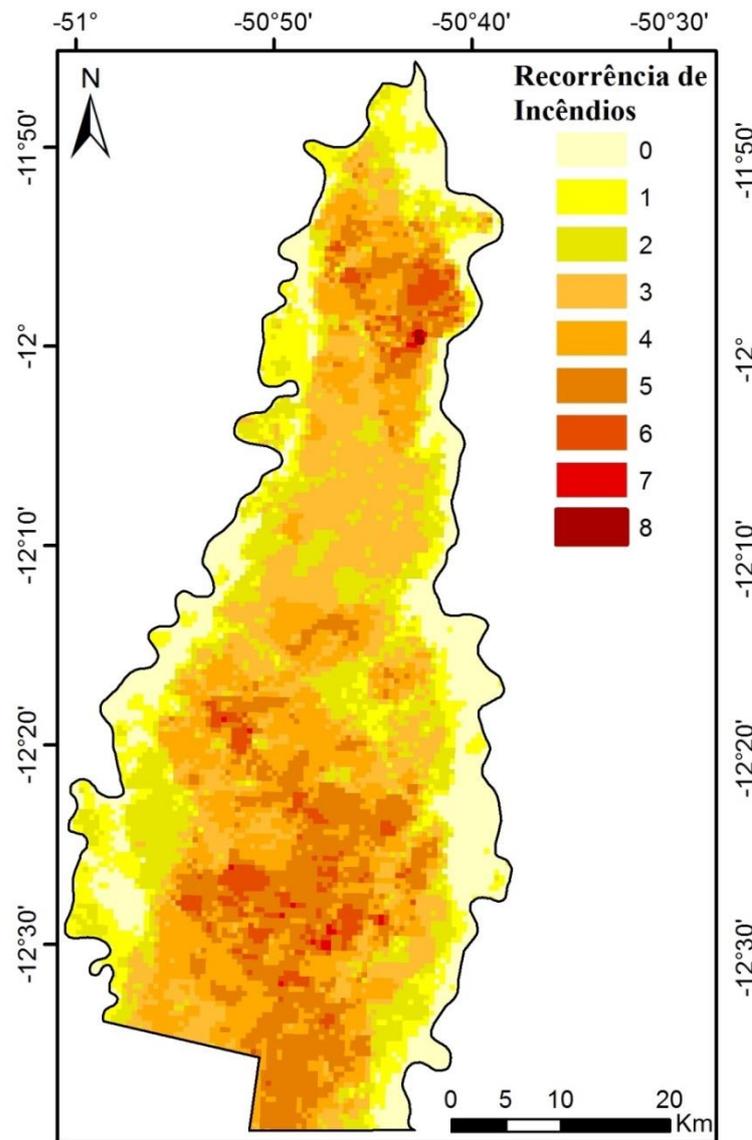


Figura 3. Ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 a 2013.

Padrão temporal de incêndios e sua relação com a precipitação

Dentre os anos analisados, os que mais apresentaram incêndios foram: 2010, com 186.374 hectares (1.416 polígonos); 2007, com 129.540 hectares (1.250 polígonos) e 2012, com 108.779 hectares queimados (743 polígonos). Os menores registros de incêndios florestais foram para os anos de 2002, com 511 hectares (10 polígonos); 2004, com 302 hectares (6 polígonos) e 2009, com 94 hectares queimados (4 polígonos) (Figura 4).

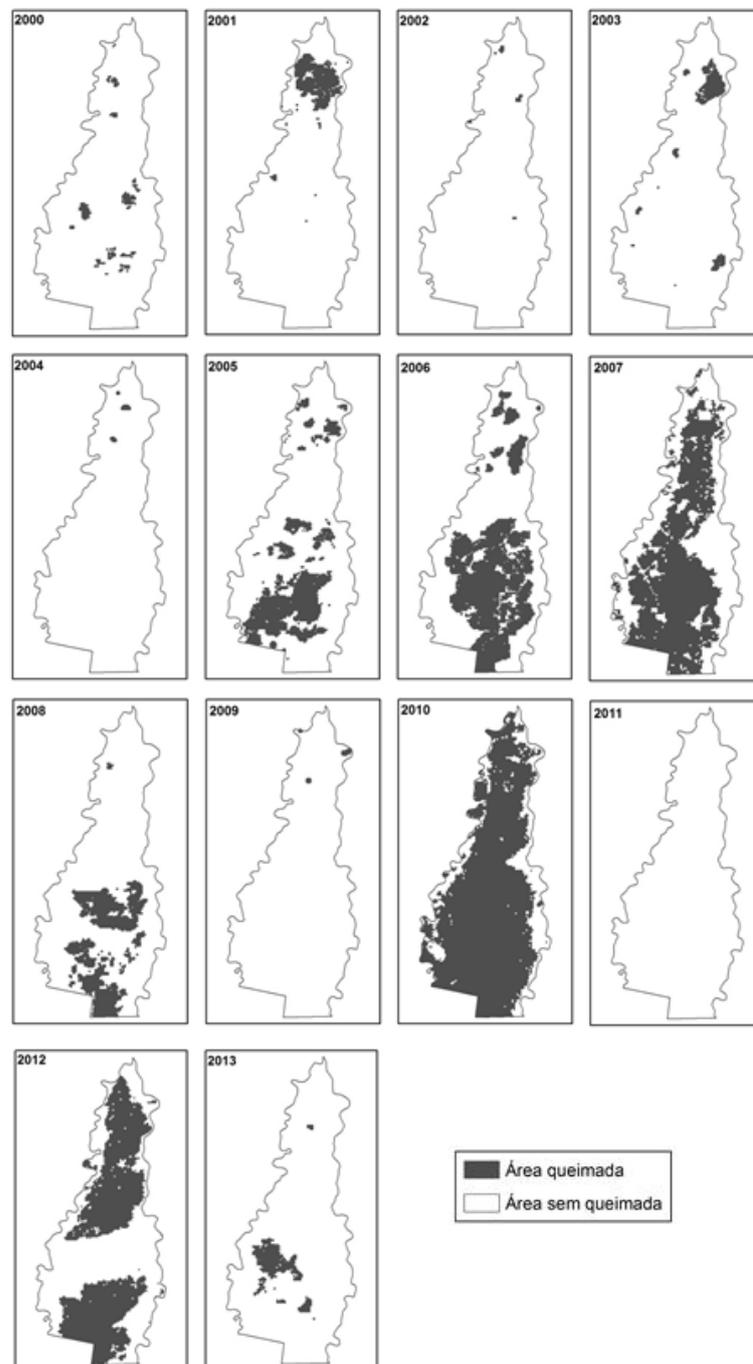


Figura 4. Área queimada anual no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.

De acordo com dados do produto MCD45, do Sensor MODIS, não foram observados incêndios florestais em 2011. Para confirmar houve avaliação de imagens Landsat 5, cuja resolução espacial é de 30m, para confirmação da informação. Em análise visual minuciosa nas imagens Landsat, não foram observados indícios de cicatrizes de passagens de fogo para este ano, confirmando os resultados observados no produto MCD45.

Os meses de pico de ocorrência de incêndios foram agosto e setembro. Nos anos de 2000, 2001, 2003 e 2007 mais de 60% dos incêndios ocorreram em agosto; nos anos de 2005, 2006, 2009, 2010, 2012 e 2013 mais de 70% foram em setembro; em 2002 e 2004, mais de 50% ocorreram no mês de julho e no ano de 2008 o pico de incêndios incidiu no mês de outubro, com 99% (Tabela 3). Exceto para o ano de 2007, todos os anos em que a área total queimada do parque foi superior a 20% o pico dos incêndios foi registrado no mês de setembro, no final da estação seca (Tabela 3).

Tabela 3. Meses de ocorrência, número de polígonos, área e percentual anual da área queimada no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia.

Anos	Meses de ocorrência	Número de polígonos	Área queimada (ha)	%
2000	mai/jun/jul/ago/set	65	5.318	2
2001	mai/ago/set	88	15.090	7
2002	jun/jul/ago/set	10	511	<1
2003	jun/ago/set	76	8.649	4
2004	jul/ago/out	6	302	<1
2005	jun/jul/ago/set/out	254	45.753	21
2006	jun/jul/ago/set	436	82.806	37
2007	mai/jul/ago/set/out	1.250	129.540	58
2008	jun/out	138	38.430	17
2009	jun/set	4	94	<1
2010	jun/jul/ago/set	1.416	186.374	84
2011	-	0	0	0
2012	jul/ago/set	743	108.779	49
2013	ago/set	46	11.979	5
Total		4.532	633.625	-

O padrão temporal de incêndios variou, como por exemplo, em alguns anos a precipitação acumulada foi baixa (1.523 mm, em 2012) e a ocorrência de incêndios foi elevada (49%). Entretanto, em outros anos, como em 2002, apesar da baixa precipitação (<1.307 mm) a ocorrência de incêndios foi reduzida (< 1%); e em 2000 a precipitação foi elevada (2.190 mm) e a ocorrência de incêndios foi baixa (2%) (Figura 5A).

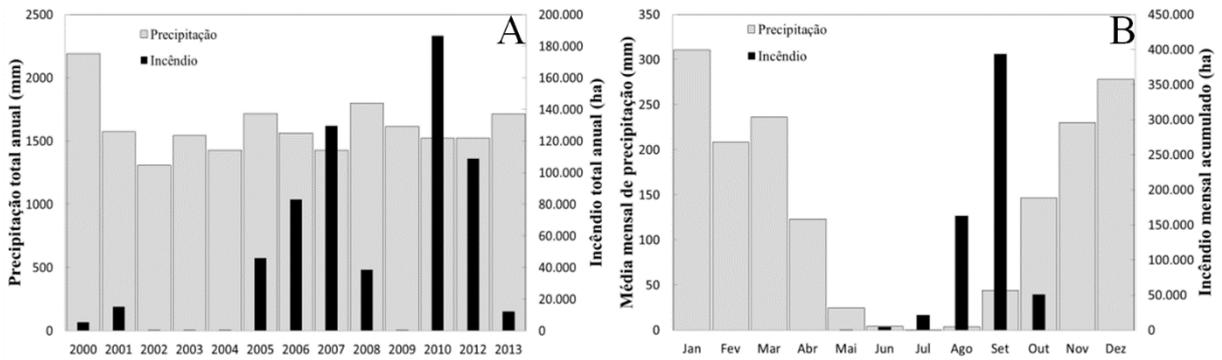


Figura 5. A) Precipitação acumulada e área atingida pelo fogo anualmente no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013; B) Média mensal de chuvas nos 14 anos analisados e incêndios mensais cumulativos.

Cerca de 55% dos incêndios florestais ocorreram quando a pluviosidade mensal estava entre 0-25 mm, 28% entre 25-50 mm, 6% entre 50-75 mm, 11% entre 75-100 mm e 0,02% quando a precipitação foi superior a 100 mm. Setembro de 2010 foi o mês com a maior extensão de área queimada (160.386 ha), no qual foi registrada precipitação de aproximadamente 15 mm e outubro de 2004, que apresentou precipitação de 147 mm, foi o mês de menor área queimada (23 ha) (Figura 5B).

A área queimada aumentou exponencialmente quando a chuva mensal foi menor que 150 mm ($R^2 = 0,94$; $p = 0,005$), visto não haver registro de cicatriz de incêndios nos meses com chuvas superiores a 150 mm durante toda a série histórica avaliada (Figura 6).

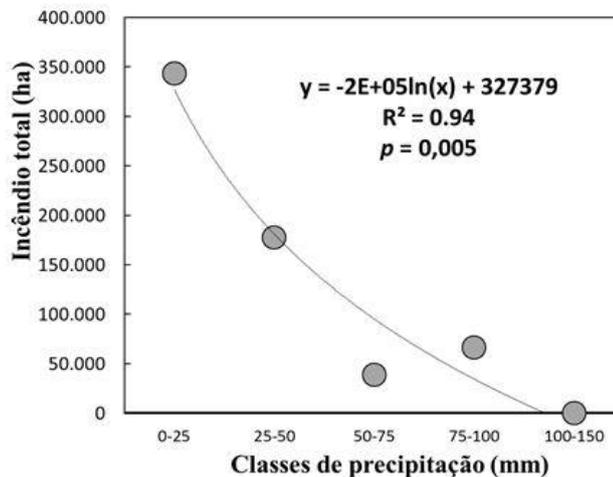


Figura 6. Relação entre a área queimada total e a precipitação no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013.

Relacionando dados de precipitação e área queimada, do período de 2000 a 2013, verificou-se variação entre os meses (maio a outubro) de ocorrência e de picos de incêndios em meses cuja precipitação foi inferior a 100 mm. Nos anos com maior ocorrência de incêndios

(2007, 2010 e 2012) houve concentração nos meses de agosto e setembro, nos quais a precipitação esteve abaixo de 35 mm (Figura 7A).

Os maiores valores negativos (menores que a média) mensais de incêndios ocorreram em janeiro de 2001 e dezembro de 2012 e os valores positivos (maiores que a média) em julho de 2006 e junho de 2009. Ao longo de 2007 ocorreram meses com anomalias negativas de chuva e positivas de incêndios. Contudo, em 2004 e em 2011 ocorreram longos períodos de persistência de anomalias negativas de chuva, porém, sem ocorrência de anomalias positivas de incêndios. Os picos de anomalias positivas de incêndios foram registrados em 2006, 2007, 2008 e 2010. Devido à alta ocorrência de incêndios registrada no mês de maio de 2000, nos anos subsequentes houve baixa ocorrência em relação ao mesmo mês (Figura 7B).

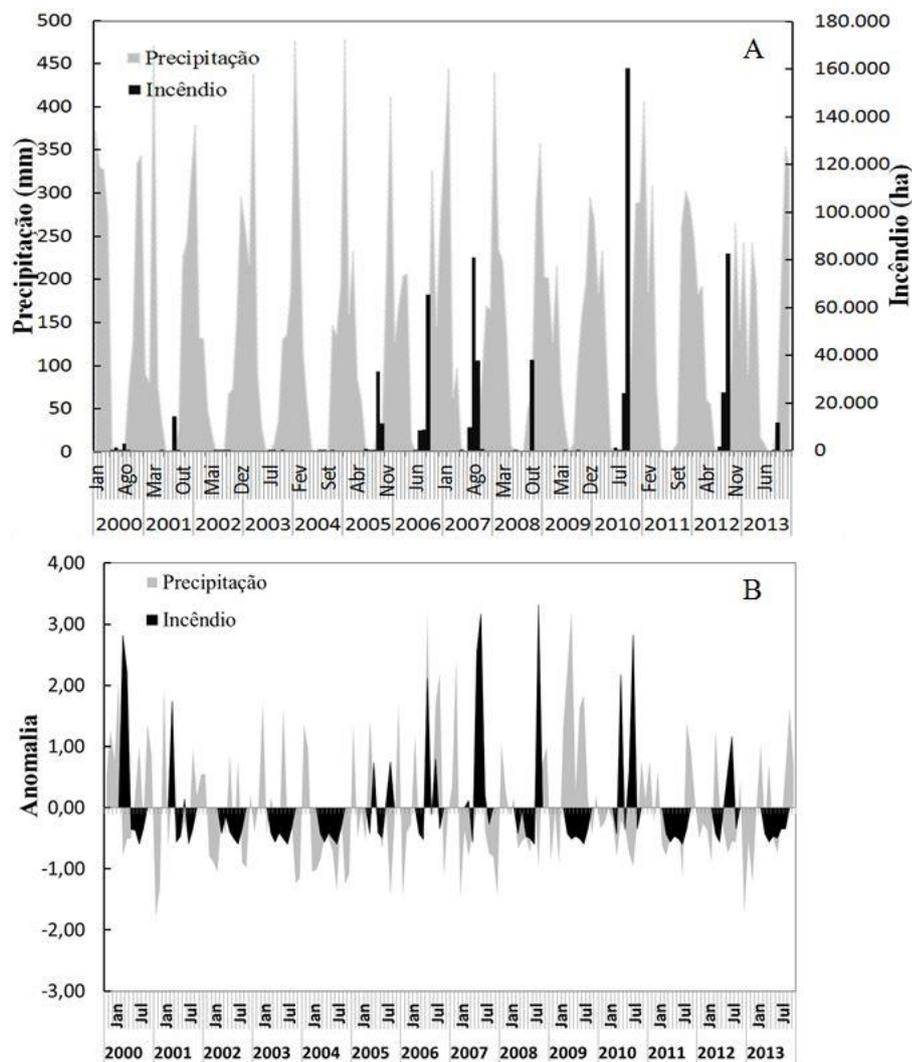


Figura 7. A) Precipitação e incêndios mensais no Parque Estadual do Araguaia, no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013; B) Anomalia de chuvas e incêndios no Parque Estadual do Araguaia entre 2000 a 2013.

DISCUSSÃO

No decorrer de 14 anos os maiores registros de incêndios no PEA ocorreram na estação seca, entre os meses de julho e outubro. No parque normalmente os incêndios originam-se devido a perda de controle de queimadas ocasionadas por pecuaristas, que ateam fogo nos campos naturais para renovação das pastagens, sendo que, ocasionalmente essas queimadas podem surgir também a partir de atividades de pescadores (Marimon *et al.* 2008; 2012b). Estes autores observaram ainda que o assunto ‘queimadas’ é tratado de forma contraditória pelos moradores do PEA, visto que a maioria afirma não queimar a área, mas admite que o fogo é importante para o manejo da pastagem.

A maior frequência de incêndios no PEA foi registrada em áreas menores que 100 hectares, porém incêndios em áreas maiores que 100 hectares ocorreram com baixa frequência, mas representaram maior área afetada no decorrer dos anos investigados. Diversos estudos abrangendo unidades de conservação nos estados brasileiros de Minas Gerais e Mato Grosso, e na região dos Andes peruanos, mostraram que grandes áreas incendiadas (>100 hectares) caracterizam os maiores impactos em termos de área degradada (Pereira *et al.* 2012; Morton *et al.* 2013; Oliveras *et al.* 2014). Entretanto, Morton *et al.* (2013) observaram que o elevado número de incêndios de pequena dimensão não se aplica para áreas da Amazônia brasileira. Neste caso, o formato estreito e longo do PEA, que amplia as divisas e potencializa o efeito de borda (Primack e Rodrigues 2001) desta unidade de conservação pode contribuir com a elevada frequência de incêndios de menor dimensão.

Nesse caso, o fato das principais divisas do parque serem dois rios de grande porte pode contribuir para o confinamento do fogo e a ampliação dos mesmos, atingindo áreas maiores. Além disso, o PEA está localizado em uma extensa planície coberta principalmente por vegetação savânica e campos gramíneos sem obstáculos naturais, o que também pode contribuir com a ocorrência e a propagação de incêndios de grandes dimensões, o que causa maiores danos.

O produto MCD45A1 mostrou-se capaz de espacializar claramente a atividade de incêndios no PEA. No entanto, podem ocorrer erros de omissão devido à interferência de nuvens, incêndios de baixa probabilidade de propagação, obscurecimento pela vegetação e tamanho médio dos incêndios menor do que a resolução espacial do sensor (Araújo *et al.* 2012). No presente estudo, os resultados comprovam que em caso de não ocorrência de fogo, o produto funciona bem. Entretanto, o contrário não pode ser afirmado, visto que o produto MCD45A1

não superestima área atingidas por fogo, mas não fica comprovado se ele detecta bem, ou subestima.

O pico dos incêndios no PEA apresentou variação entre os anos e concentrou-se entre os meses de julho e outubro. É provável que essa variação nos picos esteja relacionada ao clima ou às atividades antropogênicas que variam entre os anos, tal como observado por Oliveras *et al.* (2014) nos Andes peruanos. Assim, o conhecimento da distribuição de incêndios florestais durante o ano é uma informação importante para a prevenção de fogos, pois indica o período de maior ocorrência (Piromal *et al.* 2008). A concentração de incêndios no mês de setembro apresentou as maiores áreas queimada, exigindo medidas preventivas para o início da estação seca, como queimas controladas previstas no Código Florestal, para redução do material combustível durante o referido período e atenção máxima para os anos em que ocorrem anomalias negativas de precipitação. As medidas preventivas necessitam estar focadas principalmente nas fitofisionomias florestais, cujas espécies normalmente são mais suscetíveis ao fogo (Moreira 2000).

Ao longo dos 14 anos de estudo foram registradas no máximo oito recorrências de incêndios florestais no PEA, resultado similar ao observado por Oliveras *et al.* (2014), que registraram sete recorrências em 12 anos em áreas onde ocorre produção agrícola. A principal causa dos incêndios no PEA provavelmente está relacionada às atividades antrópicas, visto que ainda há cerca de 40 famílias residindo no parque e desenvolvendo atividades de pecuária extensiva (Marimon *et al.* 2008). No entanto, no ano de 2011 não foram detectadas recorrências de incêndios, possivelmente devido a este ter sido um ano muito chuvoso na Amazônia (Marengo *et al.* 2011; 2013).

As áreas com maior recorrência de incêndios encontram-se nas porções norte e centro-sul do PEA, provavelmente em função da maior proximidade geográfica com áreas urbanas, como a sede do município onde o parque está localizado (centro-sul, Novo Santo Antônio) e a sede de um município vizinho (norte, São Félix do Araguaia), que costuma receber grande número de turistas (pesca e praias) no período da seca. França *et al.* (2007), ao estudarem o Parque Nacional das Emas em Goiás, também observaram alternância entre os anos de incêndios. Os autores registraram a ocorrência de fogos de maior dimensão em intervalos de três anos, provavelmente devido aos anos sem incêndios que promovem maior estoque de biomassa vegetal e, conseqüentemente, maior combustível.

No PEA, em áreas com mais de cinco recorrências, estimou-se que mais de 50% ocorreram em 4 anos consecutivos. Pivello e Coutinho (1992) destacam que é necessário o

intervalo de pelo menos um ano após um incêndio para que ocorra a recuperação de 80% da biomassa em savanas abertas e de 2 anos para recuperação do estrato herbáceo. Os autores citados ainda concluíram que intervalos de 3 a 4 anos entre os incêndios no Cerrado estimulam a reciclagem dos elementos retidos no material vegetal morto e evitam o empobrecimento de nutrientes essenciais. Sendo assim, em termos de gestão e conservação, incêndios em regime quadrienal parecem ser os ideais, visto manter a presença de ervas, arbustos e sub-arbustos (muito importantes para a biodiversidade do Cerrado) e causar menor perda de nutrientes do sistema, quando comparados com os incêndios bienais (Oliveras *et al.* 2012).

A ocorrência de fogo em regimes intensos e frequentes causa danos à fauna e à flora, como redução da camada lenhosa das espécies nativas e redução da biodiversidade. Esses efeitos são particularmente graves nas unidades de conservação, anualmente atingidas por incêndios florestais (Brasil 2007). O Parque Estadual do Araguaia, que é uma unidade de proteção integral, deveria ser contemplado com um eficiente sistema de manejo, controle e monitoramento de incêndios. Considerando a predominância de fitofisionomias savânicas no PEA, o fogo não poderá ser totalmente eliminado do parque, sob o risco de ocorrer uma mudança na estrutura e no mosaico de fisionomias deste complexo ecossistema (Moreira 2000; Durigan e Ratter 2006; Marimon *et al.* 2008; 2012b). Por outro lado, apesar das florestas sazonalmente inundáveis (impucas) estarem inseridas em uma matriz dominada por uma vegetação savânica adaptada ao fogo, as espécies destas florestas são sensíveis ao fogo e correm risco de desaparecer se a frequência de incêndios no PEA aumentar (Maracahipes *et al.* 2014). Neste caso, o controle de incêndios nas impucas deverá ser rigoroso.

Se considerarmos os anos após a criação do PEA, em apenas um deles (2011) não houve registro de incêndio e em metade deles os incêndios atingiram entre 20 e 84% da área total do parque. Ao longo dos 14 anos de estudo em apenas 16% da área do parque não houve registro de incêndios, áreas estas que provavelmente são mais úmidas devido à proximidade com os rios Mortes e Araguaia, evitando assim a propagação de incêndios. Entretanto, o poder público precisa adotar um plano mais eficiente para evitar e controlar a entrada do fogo nos fragmentos naturais de florestas dispersos pelo parque, visto que os incêndios têm sido frequentes e recorrentes (Maracahipes *et al.* 2014), estando em desacordo com a Lei Nacional 9.985 (Brasil 2000).

O presente estudo evidenciou maior ocorrência de incêndios nos anos de 2007 e 2010, os quais também foram identificados como anos críticos por Morton *et al.* (2013) em áreas no sul da Amazônia, por Lemes *et al.* (2014) no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG e por

Alves *et al.* (2013) no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros-GO. Sugerimos que os incêndios mais intensos nesses anos podem ter sido potencializadas por eventos de seca, como o registrado em 2007, para a porção leste de Mato Grosso (Marimon *et al.* 2012a) e em 2010, para a Amazônia, o qual foi considerado o ano de seca mais intensa desde quando se tem registros meteorológicos (Lewis *et al.* 2011; Marengo *et al.* 2013), resultando em incêndios de grandes proporções (Araújo *et al.* 2012). Assim, secas mais intensas ou mais prolongadas podem ser ameaças importantes às florestas tropicais, visto que a vegetação pode se tornar cada vez mais vulnerável (Lewis *et al.* 2006; Phillips *et al.* 2010).

Por outro lado, a ausência de incêndios no PEA em 2011 pode ser resultado da drástica redução de biomassa vegetal ocorrida no ano anterior, durante o qual 84% da área do parque foi queimada ou devido a este ano ter sido mais chuvoso que a média (Marengo *et al.* 2013). Em todo o caso, a ausência ou redução, abaixo de certos níveis, de qualquer um dos componentes do triângulo do fogo inviabiliza o processo de combustão (Torres 2006). Em 2012, quase metade da área do parque queimou novamente, provavelmente devido ao acúmulo de biomassa no ano anterior, que não queimou, mantendo-se um ciclo de anos com incêndios intensos potencializados por eventos de seca intensa seguidos de anos sem incêndios. Neste caso, seguindo o padrão temporal de incêndios florestais no PEA, parece estar próximo a um novo grande incêndio, visto o material combustível e pontos de ignição estar prontos para queima, necessitando apenas de condições climáticas favoráveis.

No PEA a relação das áreas anuais incendiadas variou entre os anos, em número e tamanho (ha) de ocorrências e incêndios mensais estiveram relacionadas à sazonalidade, típica do Bioma Cerrado. Entre outubro e abril (estação chuvosa), há um aumento na quantidade de biomassa vegetal, enquanto na estação seca (maio a setembro), a biomassa torna-se altamente inflamável e suscetível a uma rápida propagação do fogo (Araújo *et al.* 2012). Resultados similares foram encontrados por Teixeira (2006), que ao levantar o perfil de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia-RJ identificou os meses de agosto, setembro, julho e outubro como os de maior ocorrência de áreas incendiadas. Rodrigues *et al.* (2007), no Parque Indígena de Tumucumaque-PA, constatou a concentração de incêndios de setembro a novembro e Aragão *et al.* (2008) observaram picos de incêndios de julho a setembro na Amazônia.

A quantidade de precipitação diária, mensal e anual é fundamental na compreensão da intensidade e extensão de áreas incendiada, por determinar o déficit de umidade do material combustível, especialmente durante a estação seca (Araújo *et al.* 2012). Quantificar o número de dias sem chuvas também é imprescindível em trabalhos desta magnitude, no entanto, os

dados do satélite TRMM, utilizados no presente estudo referem-se à precipitação total mensal. Assim, as anomalias para incêndios no PEA apresentaram valores maiores em diversos meses, ou seja, os incêndios ocorreram significativamente diferentes da média, enquanto as chuvas apresentaram padrão negativo alto em dois meses.

Aragão *et al.* (2008) observaram que períodos muito secos causam anomalias de precipitação e estresse hídrico, acarretando aumento de incêndios e transformando as áreas afetadas pelo fogo mais vulneráveis a incêndios recorrentes. Além disso, incêndios ocasionam aumento da emissão de CO₂ na atmosfera devido à queima da biomassa. Assim, especialmente em unidades de conservação como o PEA, iniciativas de controle de fogo precisam ser potencializadas em anos com registros de anomalias negativas de precipitação. Araújo *et al.* (2012) relatam que na área abrangida pelo “Arco do Desmatamento”, onde o PEA está inserido, detecções de anomalias de incêndios são duas vezes maiores do que em qualquer outro lugar do planeta e a intensidade do fogo ao longo da transição Amazônia-Cerrado é claramente identificada no produto MCD45A1.

A relação significativa observada entre incêndios e a precipitação aponta para a maior tendência de incêndios em períodos cuja precipitação está mais baixa ($R^2 = 0,94$, $p < 0,05$), apresentando nível crítico de incêndios quando a precipitação ocorreu inferior a 50 mm. Oliveras *et al.* (2014) observaram que o papel das chuvas no regime de incêndios é importante, especialmente em escala regional. Assim, as características da vegetação do PEA, dominada por formações campestres e savânicas (Marimon *et al.* 2008; 2012b), podem representar risco para a elevada inflamabilidade dessa extensa planície, especialmente no período seco.

Neste contexto, a previsão postulada pelo Banco Mundial (<http://sdwebx.worldbank.org/climateporta>), que projeta aumento de 2°C na temperatura do planeta nos próximos anos, poderá representar ameaça para a biodiversidade do PEA, especialmente nos meses mais secos e em anos com anomalias negativas de precipitação. Lemes *et al.* (2014) ressaltam a necessidade de ampliação dos estudos entre as relações do fogo com o Cerrado, bem como a utilização desses conhecimentos para a elaboração de mapas de risco e definição de estratégias para o manejo e/ou controle do fogo em Unidades de Conservação. As atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais e uso controlado do fogo devem fazer parte da estratégia apresentada para o Cerrado. O uso do fogo é permitido em período específico, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente, realizado de forma controlada e seguindo um plano pré-elaborado e em observância às normas do Decreto nº 2.661/1998 (Brasil 2007).

CONCLUSÕES

O Parque Estadual do Araguaia, apesar de compor área de elevada importância biológica, vem passando por alta incidência de incêndios ao longo dos anos, colocando em risco sua biodiversidade e recursos hídricos. A situação fundiária indefinida do PEA e a manutenção de moradores dentro de seus limites, somados a anomalias negativas de precipitação, podem estar contribuindo com a elevada incidência de incêndios que normalmente ocorrem nos meses mais secos (julho a outubro) do ano.

Urgentemente devem ser adotadas estratégias de gestão integral do fogo, permitindo e regulando a incidência nas fitofisionomias onde a vegetação está adaptada aos incêndios e protegendo aquelas sensíveis, como as florestas sazonalmente inundáveis (impucas). Também devem ser adotadas medidas de monitoramento do fogo no PEA, principalmente em anos com anomalias negativas de precipitação com também a passagem de fogo controlado conforme previsto pelo Código Florestal, e desenvolvidas ações de educação ambiental com a população local e com turistas.

De modo geral, no PEA há a necessidade de planejamento da gestão, desenvolvimento de pesquisas, avaliação, monitoramento, medidas de recuperação das áreas degradadas, manejo e investimentos para que os resultados da gestão sejam mais efetivos. O aprofundamento do presente estudo, abordando as formações vegetais do parque e sua relação com o fogo, encontra-se em fase de desenvolvimento pelos autores deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa à primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do estudo no âmbito do PELD - Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (Proc. 403725/2012-7).

Aos Laboratórios de Agricultura e Floresta (LAF) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Laboratório de Geotecnologias (LABGEO) e Laboratório de Ecologia Vegetal (LABEV), da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e suas equipes, pela infraestrutura concedida e auxílio. À Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT), pela permissão para realização da pesquisa na área de estudo.

B. S. Marimon agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa e L. O. Anderson agradece ao Projeto AMAZONICA (Natural Environment Research Council, Reino

Unido, Proc. NE/F005806/1), ao MCTI-PCI (Proc. 302541/2014-4) e ao CNPq (Proc. 458022/2013-6).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alves, M.M.; Matricardi, E.A.T.; Pereira, R. 2013. Dinâmica espaço-temporal do fogo entre 1999 a 2009 no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. *Enciclopédia Biosfera*, 9: 752-758.
- Anderson, L.O.; Aragão, L.E.O.C.; Lima, A.; Shimabukuro, Y.E. 2005. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 35: 445-456, doi: 10.1590/S0044-59672005000400009.
- Anderson, L.O.; Aragão, L.E.O.C.; Arai, E. 2013. Avaliação dos dados de chuva mensal para a região Amazônica oriundos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) produto 3b43 versões 6 e 7 para o período de 1998 a 2010. *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 6743- 6750.
- Aragão, L.E.O.C.; Malhi, Y.; Barbier, N.; Lima, A.; Shimabukuro, Y.; Anderson, L.O.; et al. 2008. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 1779-1785, doi: 10.1098/rstb.2007.0026.
- Aragão, L.E.O.C.; Malhi, Y.; Roman-Cuesta, R.M.; Saatchi, S.; Anderson, L.O.; Shimabukuro, Y.E. 2007. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, 34: 1-5, doi: 10.1029/2006GL028946.
- Araújo, F.M.; Ferreira, L.G.; Arantes, A.E. 2012. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010 Period. *Remote Sensing*, 7:1929-1946, doi: 10.3390/rs4071929.
- Barbosa, R.I.; Fearnside, P.M. 1999. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do Evento El Niño (1997/98). *Acta Amazonica*, 29: 513-534.
- Boschetti, L.; Roy, D.; Hoffmann, A.A.; Humber, M. 2013. *MODIS collection 5.1 burned area product – MCD45*. User's Guide. Version 3.0.1.
- Boschetti, L.; Roy, D.; Barbosa, P.; Boca, R.; Justice, C. 2008. A MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 29: 2433–2436, doi: 10.1080/01431160701874561.
- Brasil, WWF. 2007. *Efetividade de gestão das unidades de conservação federais do Brasil*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama. 96 p.
- Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC*. Brasília, DF, 2000.
- Collischonn, B.; Allasia, D.; Collischonn.; Tucci, C.E.M. 2007. Desempenho do satélite TRMM na estimativa da precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. *Revista Brasileira de Cartografia*, 59: 93-99.

- Durigan, G.; Ratter, J.A. 2006. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. *Edinburgh Journal of Botany* 63: 119-130, doi: 10.1017/S0960428606000357.
- ESRI. *ArcGis* Version 9.2. 2007. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Fearnside, P.M. 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, 1: 113-123.
- França, H.; Ramos Neto, M. B.; Setzer, A. 2007. *O Fogo no Parque Nacional das Emas*. Ministério do Meio Ambiente, 140p.
- Lemes, G.P.; Matricardi, E.A.T.; Costa, O.B.; Leal, F.A. 2014. Spatiotemporal assessment of forest fires occurred in the Serra da Canastra National Park between 1991 and 2011. *Ambiência*, 10: 247-266, doi: 10.5935/ambiencia.2014.supl.03.
- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Baker, T.R. 2006. Impacts of global atmospheric change on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 173-174.
- Lewis, S.L.; Brando, P.M.; Phillips, O.L.; Heijden, G.M.F.; Nepstad, D. 2011. The 2010 Amazon Drought. *Science*, 331: 554-555, doi: 10.1126/science.1200807.
- Marengo, J. A.; Borma, L.A.; Rodriguez, D.A.; Pinho, P.; Soares, W.R.; Alves, L.M. 2013. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *American Journal of Climate Change*, 2: 87-96, doi: 10.4236/ajcc.2013.22009.
- Marengo, J.A.; Tomasella, J.; Alves, L.M.; Soares, W.R.; Rodriguez, D.A. 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 38: 1-5, doi: 10.1029/2011GL047436.
- Maracahipes, L.; Marimon, B.S.; Lenza, E.; Marimon-Junior, B.; Oliveira, E.A.; Mews, H.A.; Gomes, L.; Feldpausch, T.R. 2014. Post-fire dynamics of woody vegetation in seasonally flooded forests (impucas) in the Cerrado-Amazonian Forest transition zone. *Flora*, 209: 260-270, doi: 10.1016/j.flora.2014.02.008.
- Marimon, B.S.; Felfili, J.M.; Fagg, C.W.; Marimon-Junior, B.H.; Umetsu, R.; Oliveira-Santos, C.; et al. 2012a. Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub. (Moraceae): Structure and dynamics of natural regeneration. *Acta Oecologica*, 43: 134-139, doi: 10.1016/j.actao.2012.07.001
- Marimon, B.S.; Marimon Junior, B.H.; Mews, H.A.; Jancoski, H.S.; Franczak, D.D.; Lima, H.S.; et al. 2012b. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26: 181-196, doi: 10.1590/S0102-33062012000100018.
- Marimon, B.S.; Marimon-Junior, B.H.; Lima, H.S.; Jancoski, H.S.; Franczak, D.D.; Mews, H.A.; Moresco, M.C. 2008. *Pantanal do Araguaia - ambiente e povo: guia de ecoturismo*. Cáceres: UNEMAT, 2008, 95p.
- Martini, P.R. 2006. Áreas Úmidas da América do Sul Registradas em Imagens de Satélites. In: Silva, J.S.V.; Abdon, M.M. (Eds.). *Geotecnologia no Pantanal*. Campo Grande, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 876-882.

- Matricardi, E.A.T.; Skole, D.L.; Pedlowski, M.A.; Chomentowski, W. 2013. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 34: 1057-1086, doi: 10.1080/01431161.2012.717182
- Medeiros, M.B.; Fiedler, N.C. 2004. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra Da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. *Ciência Florestal*, 14: 157-168.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 1999. *Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. MMA/FUNATURA/Conservation International/Fund. Biodiversitas/UnB. Brasília-DF.
- Moreira, A. G. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 27: 1021-1029.
- Morton, D.C.; Le Page, Y.; De Fries, R.; Collatz, G.J.; Hurtt, G.C. 2013. Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368: 2-8, doi: 10.1098/rstb.2012.0163.
- Oliveras, I.; Anderson, A.O.; Malhi, Y. 2014. Application of remote sensing to understanding fire regimes and biomass burning emissions of the tropical Andes. *Global Biogeochemical Cycles*, 28: 480-496, doi: 10.1002/2013GB004664.
- Oliveras, I.; Meirelles, S.T.; Hirakuri, V.L.; Freitas, C.R.; Miranda, H. S.; Pivello, V.R. 2012. Effects of fire regimes on herbaceous biomass and nutrient dynamics in the Brazilian savannah. *International Journal of Wildland Fire*, 22: 368-380, doi: 10.1071/WF10136.
- Pereira, G.; Silva, M.E.S.; Moraes, A.C.; Cardozo, F.S. 2013. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 18: 139-148.
- Pereira, A.A.; Pereira, J.A.A.; Morelli, F.; Barros, D.A.; Acerbi Junior, F.W.; et al. 2012. Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. *Cerne*, 18: 335-343, doi: 10.1590/S0104-77602012000200019.
- Piromal, R.A.S.; Rivera-Lombardi, R.J.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A.R.; Krug, T. 2008. Use of MODIS data for detection of burned areas in Amazonia. *Acta Amazonica*, 38: 77-84, doi: 10.1590/S0044-59672008000100009.
- Pivello, V.R.; Coutinho, L.M. 1992. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). *Journal of Tropical Ecology*, 8: 487-497. doi:10.1017/0266467400006829.
- Phillips, O.L.; Van Der Heijden, G.; Lewis, S.L.; López-González, G.; Aragão, L.E.O.C.; Lloyd, J.; et al. 2010. Drought-mortality relationships for tropical forests. *New Phytologist*, 187: 631-646, doi: 1469-8137.2010.03359.x.
- Primack, R.B.; Rodrigues, E. 2001. *Biologia da conservação*. Londrina: Vida, 2001. 328p.
- Ramsar, 1971. Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl habitat, Iran.
- Rodrigues, C.A.G.; Hott, M.C.; Miranda, E.E.; Oshiro, O.T. 2007. Análise da savana e queimadas no Parque Indígena de Tumucumaque (PA) através de imagens de satélite LANDSAT. *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 4195-4202.

- Roy, D.P.; Boschetti, L., 2009. Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC and GlobCarbon Burned Area Products. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47:1032 – 1044, doi:10.1109/TGRS.2008.2009000.
- Teixeira, L.N. 2006. *Perfil dos Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia e entorno*. 2006. Monografia do Curso de Especialista em Gestão do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Associação Educacional Dom Bosco. Resende-RJ. 52p.
- Torres, F.T.P. 2006. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz De Fora (MG). *Caminhos de Geografia*, 18: 162 – 171.
- Tsela, P.; Wessels, K.; Botai, J.; Archibald, S.; Swanepoel, D.; Steenkamp, K.; Frost, P. 2014. Validation of the Two Standard MODIS Satellite Burned-Area Products and an Empirically-Derived Merged Product in South Africa. *Remote Sensing*, 6:1275-1293, doi: 10.3390/rs6021275.
- Xavier, A.F.S.; Xavier, T.M.B.S. 1998. Cálculo de Anomalias na Pesquisa Climática : Usos e Abusos. *VIII Congresso da FLISMET*, 1-6.

ARTIGO II

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL MULTITEMPORAL DA COBERTURA DA TERRA DO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA-MT

Laís Fernandes de Souza NEVES¹, Liana Oighenstein ANDERSON², Beatriz Schwantes MARIMON³, Sandra Mara Alves da Silva NEVES⁴, Egídio ARAI⁵, Conrado RUDORFF⁶ e Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de ARAGÃO⁷

[Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Geografia, Rio Claro]

Resumo

O objetivo do estudo foi caracterizar a cobertura da terra do Parque Estadual do Araguaia (PEA), quantificar a dinâmica da lâmina d'água, que corresponde às áreas inundáveis, e monitorar espectralmente as formações vegetais entre 2000 e 2010. O PEA foi criado no ano de 2001, sendo delimitado a leste pelo Rio Araguaia e a oeste pelo Rio das Mortes, na borda sul da Amazônia e a nordeste do estado de Mato Grosso. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5/TM, Landsat 7/ETM+ e Terra/MODIS, as quais foram processadas de acordo com cada finalidade em *softwares* específicos. A partir do mapeamento foram identificadas sete classes de cobertura da terra do PEA, sendo: Corpos d'água permanentes, Floresta aluvial, Florestas inundáveis, Savana arborizada, Savana gramíneo-lenhosa, Savana florestada e bancos de areia. Por meio da série de mapas da lâmina d'água foi possível identificar um padrão dinâmico e marcante da concentração de inundação na área central do Parque, com maior predominância nos meses de outubro a abril. O monitoramento espectral das formações vegetais a partir de dados da série temporal do Índice de vegetação melhorado (EVI-2) apresentou padrão distinto e queda em períodos de baixa precipitação. Em todas as áreas amostradas foram identificadas ocorrências de incêndios em meses de seca ao longo dos 10 anos de estudo, provavelmente contribuindo para propagação do fogo. Neste caso, os campos de murundus poderão estar ameaçados se a dinâmica de inundações do PEA for alterada e as impucas correm risco com a alta frequência e incidência de incêndios.

Palavras-chave: Amazônia, incêndios, sazonalidade, inundação, murundus, impucas.

¹ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – UNEMAT, Cáceres/MT. E-mail: lais_geografia@hotmail.com.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e Pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, São José dos Campos – SP. E-mail: liana.anderson@gmail.com

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNEMAT, Cáceres/MT e do Programa de Pósgraduação em Ecologia e Conservação – UNEMAT, Nova Xavantina - MT. E-mail: biamarimon@hotmail.com.

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola – UNEMAT, Tangará da Serra/MT. E-mail: ssneves_geo@hotmail.com

⁵ Tecnologista Senior no Departamento de Sensoriamento Remoto Aplicado em Ecossistemas Terrestres do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos /SP. E-mail: egidio@ltd.inpe.br

⁶ Pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, São José dos Campos /SP. E-mail: cmr@ltd.inpe.br

⁷ Pesquisador e Docente do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos /SP. E-mail: laragao@dsr.inpe.br

Mapping and spectral characterization of multitemporal land cover of the Parque Estadual do Araguaia-MT

Abstract

The objective of this study was to characterize the land cover of the Parque Estadual do Araguaia (PEA), quantify the dynamics of water table, which corresponds to flooding areas, and monitor spectrally the vegetation between 2000 and 2010. The PEA was created in 2001, being bordered in the east by the Araguaia River and in the west by the das Mortes River, in the southern edge of the Amazon and northeastern Mato Grosso state. We used Landsat 5/TM, Landsat 7/ETM+ and Terra/MODIS satellites images, which were manipulated according to each purpose in specific softwares. Through the mapping we identified seven land cover classes of the PEA, being: permanent water bodies, alluvial Forests, flooding Forests, woody Savanna, grassy- woody Savanna, forested savanna and sand banks. Through the series of water table cover maps we identified a default flooding dynamic and striking concentration in the central area of the park, with higher prevalence in October to April. The spectral monitoring of the vegetation using the temporal series of Vegetation Index (EVI-2) showed distinct patterns and decrease in EVI-2 when the precipitation was low. In all sampled areas, in dry months, we registered the occurrence of fires through the 10 studied years, probably contributing to fire spread. In this case, the grassy-woody savanna may be threatened if the flooding dynamics of the PEA changed and the impucas will be at risk if the frequency and incidence of fires increase. **Keywords:** Landsat, Terra/MODIS, EVI2, fires, precipitation.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da paisagem e de suas dinâmicas é de suma importância para a definição das formas de manejo, monitoramento e preservação dos recursos naturais, sendo que as atividades antrópicas realizadas sem um planejamento adequado podem alterar irreversivelmente os ciclos naturais e serviços ambientais, com impactos ao meio ambiente e aos seres humanos (RIBEIRO e CARVALHO, 2013). Entre os danos ocasionados pelas práticas humanas, um dos principais está relacionado à substituição da vegetação nativa, a qual é responsável pela manutenção da biodiversidade e de diversos serviços ambientais (NEVES *et al.*, 2014).

O Cerrado brasileiro é um repositório de diversidade biológica, ostentando um número estimado de 160.000 espécies de plantas, mamíferos, fungos e flora diversificada (JEPSON, 2005), constituindo um grande mosaico onde as peças são definidas por diferenças fisionômicas, florísticas e classes de vegetação (BORGES e SHEPHERD, 2005). Diversos estudos, como os de Ratter e Dargie (1992), Felfili *et al.* (1993), Ratter *et al.* (1996, 2003), Ribeiro e Walter (1998, 2008) e Castro *et al.* (1999), forneceram informações importantes e detalhadas sobre os padrões fisionômicos, florísticos e fitossociológicos do Cerrado, porém faz-se necessário também o conhecimento de suas mudanças ao longo do tempo.

A fragmentação tem sido indicada como a principal ameaça antrópica à biodiversidade (MICHALSKI, 2006). Por isso, estudos como o aqui proposto são de extrema importância,

visto que, evidenciam o *status* da vegetação com informações espacializadas e estimativas quantitativas. Anderson *et al.* (2005, 2011) mostraram que produtos multitemporais de sensoriamento remoto são importantes fontes de informações, possibilitando mapeamento e monitoramento acurado das formações vegetais. Neste caso, a variabilidade espacial e temporal da vegetação podem ser obtidos por meio de índices de vegetação de sensores orbitais (HUETE *et al.*, 2002), apesar das recentes controvérsias na interpretação destes índices para a floresta Amazônica, especialmente sob efeitos de secas extremas (SALESKA *et al.*, 2007, SAMANTHA *et al.*, 2010, ANDERSON *et al.*, 2010).

O Parque Estadual do Araguaia (PEA), área de estudo deste trabalho, foi criado em 2001 com o intuito de preservação da biodiversidade. O PEA não apresenta um plano de manejo implementado e sua situação fundiária ainda não foi resolvida, sofrendo assim, fortes pressões causadas por atividades antrópicas com destaque à agropecuária extensiva, ocorrência de incêndios e turismo de massa, baseado principalmente na pesca predatória (MARIMON *et al.*, 2008).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivos caracterizar a cobertura da terra do Parque Estadual do Araguaia (PEA), quantificar a dinâmica da lâmina d'água, que corresponde às áreas inundáveis, e monitorar espectralmente as formações vegetais entre 2000 e 2010.

MATERIAIS

Área de estudo

O PEA abrange uma área de aproximadamente 230.000 ha, limitado pela confluência do Rio das Mortes (oeste) e do Rio Araguaia (leste). Localizado no município de Novo Santo Antônio, o PEA foi criado em 2001, sendo considerado o maior Parque estadual de Mato Grosso, o qual apresenta formato estreito e comprido, remetendo grande esforço para fiscalização e desafios para sua conservação (Figura 1) (MARIMON *et al.*, 2008, 2012). Apesar de ser uma unidade de conservação integral, não há praticamente nenhuma área do Parque que não esteja intocada, e mesmo após 14 anos desde a sua criação ainda há famílias residindo no mesmo.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região do Parque se enquadra no tipo Aw - tropical com estação seca de inverno (NIMER, 1987). Sua geomorfologia é caracterizada por morfoestrutura dos sedimentos da Bacia do Rio Araguaia, englobando a Planície do Bananal e as planícies fluviais do Rio Araguaia (SEPLAN, 2011). O PEA é representado por três classes geológicas: Planície Aluvionar *Braided*, predominando o padrão de rio *Braided* o qual é entrelaçado e com muitas ilhas, Planície Aluvionar Meandriforme, com características

altamente sinuosas e irregulares e Terraço Baixo, onde os terrenos são planos e pouco elevados acima das áreas inundáveis (SEPLAN, 2011).

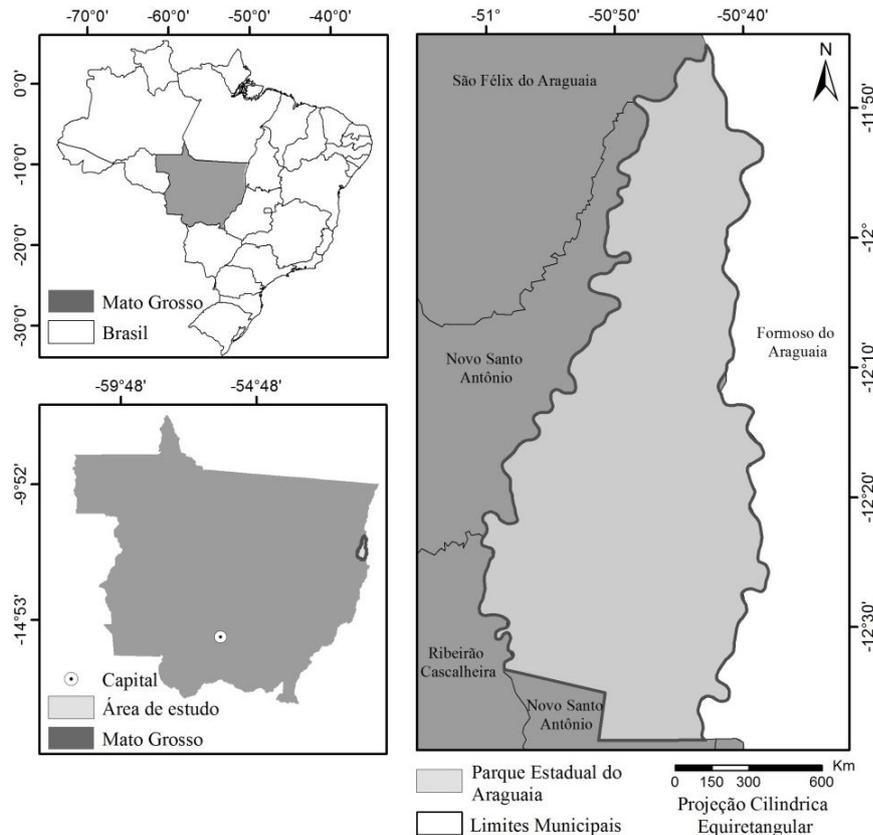


Figura 1. Localização do Parque Estadual do Araguaia, leste do estado de Mato Grosso, porção sul da Amazônia brasileira.

O PEA é recoberto principalmente por três classes de solos: Glei Pouco Húmico, com textura bastante variável ao longo do perfil e mal drenando; Plintossolo, típico em zonas quentes e úmidas, com elevada concentração de material mineral e fortemente ácido; e Solos Aluviais, pouco desenvolvido e constituído por depósito de sedimentos fluviais (SEPLAN, 2011).

Imagens de satélite

a) Landsat 5/TM e Landsat 7/ETM+

Para o mapeamento da cobertura da terra do PEA foram utilizadas imagens do satélite Landsat 7/ETM+, com resolução espacial de 30 m, da órbita/ponto 223/68 e 223/69 de 18/07/2001. A escolha da data foi baseada em menor incidência de nuvens, período para melhor mapeamento e ano de criação do Parque.

Para o mapeamento da lâmina d'água foram utilizadas imagens mensais do satélite Landsat 5/TM e Landsat 7/ETM+, com resolução espacial de 30 m, da órbita/ponto 223/68 e 223/69, de acordo

com as datas apresentadas na Tabela 1. Para este não foi possível obtenção de imagens de todos os meses do ano, devido à alta incidência de nuvens.

b) Terra/MODIS

b.1) Imagens diárias

Para o mapeamento da dinâmica de inundação foram utilizadas imagens diárias do satélite Terra/MODIS, produto MOD09GA e MOD09GQ, cena h13v10. O produto MOD09GA refere-se às bandas 3, 4, 5, 6 e 7 e apresenta resolução espacial de 500 m e o produto MOD09GQ refere-se às bandas 1 e 2, com resolução espacial de 250 m. Para estes produtos não foi possível obtenção de imagens de novembro e dezembro (Tabela 1).

Tabela 1. Imagens de satélites utilizadas no trabalho.

Satélite-Sensor	Órbita/Ponto	Data
Landsat 5/TM	223-68 e 223-69	05/04/2001
Landsat 7/ETM+	223-68 e 223-69	15/05/2001
Landsat 5/TM	223-68 e 223-69	08/06/2001
Landsat 7/ETM+	223-68 e 223-69	18/07/2001
Landsat 7/ETM+	223-68 e 223-69	11/08/2001
Terra/MODIS	H13v10	27/01/2001
Terra/MODIS	H13v10	03/02/2001
Terra/MODIS	H13v10	08/03/2001
Terra/MODIS	H13v10	08/04/2001
Terra/MODIS	H13v10	20/05/2001
Terra/MODIS	H13v10	05/06/2001
Terra/MODIS	H13v10	16/07/2001
Terra/MODIS	H13v10	07/08/2001
Terra/MODIS	H13v10	09/09/2001
Terra/MODIS	H13v10	24/10/2001

b.2) Imagens mensais do Índice de vegetação

Para o levantamento das mudanças da vegetação ao longo dos anos foram utilizados dados de Índices de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index 2*, EVI-2) (JIANG *et al.*, 2008). Estes dados têm por base o produto MOD13Q1 (coleção 5), com resolução temporal de 16 dias e espacial de 250 m. Os dados foram adquiridos através do website www.dsr.inpe.br/laf/series/, em que optou-se por utilizar os dados já disponibilizados com filtragem utilizando informações de ângulo de visada do sensor, refletância de banda espectral e data da observação do *pixel* (FREITAS *et al.*, 2011).

c) Dados de precipitação

Para quantificação da precipitação foram obtidos dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), produto 3B43, versão 7 e 7A, os quais correspondem a séries temporais de

dados acumulados mensais de chuva (mm/mês), com resolução espacial de aproximadamente 27 km². Estes dados foram adquiridos com duas finalidades, para subsidiar a interpretação e discussão de dados de sazonalidade da vegetação e para gerar um modelo mensal de área inundada para o PEA.

c) Dados de fogo

Para identificação das áreas onde ocorreu a passagem de fogo foram adquiridos dados do produto MODIS MOD45 – *Burned Area product*, coleção 5.1 (BOSCHETTI *et al.*, 2013), os quais apresentam *pixels* detectados como queimados mensalmente que são convertidos diretamente para áreas queimadas (OLIVERAS *et al.*, 2014).

METODOLOGIA

a) Imagens Landsat

a.1) Pré-processamento - As etapas de pré-processamento das imagens Landsat foram realizadas com o intuito de compatibilizar a magnitude dos níveis de cinza dos elementos encontrados a fim de que ficassem sob a mesma condição atmosférica, simulada a partir de uma imagem tomada como referência (HALL *et al.*, 1991; CANTY *et al.*, 2004). Para isso foram necessárias três etapas: primeiramente foi selecionada uma imagem de referência (data 18/07/2001), a qual foi transformada para reflectância de superfície de acordo com metodologia proposta por Masek *et al.* (2006). Em seguida, as demais cenas foram transformadas para reflectância aparente, utilizado o módulo *Interactive Data Language* (IDL) do ENVI 4.8 de acordo com Chander *et al.* (2009). Finalmente, foi realizada a normalização radiométrica das imagens em reflectância aparente em relação a imagem referência. Para esta etapa foi utilizado o módulo iMAD (CANTY e NIELSEN, 2008), disponível no programa ENVI 4.8.

Após a normalização radiométrica as imagens foram importadas para o banco de dados do *software* ArcGIS (ESRI, 2007), em seguida as duas órbitas/ponto das imagens Landsat foram unidas e posteriormente foi realizado o recorte da área de interesse.

a.2) Segmentação das imagens Landsat - Este procedimento foi realizado somente na imagem utilizada para o mapeamento da cobertura da terra do PEA, através do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING, versão 5.2.3, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (CÂMARA *et al.*, 1996). A segmentação segue um

processo que subdivide a imagem em regiões homogêneas, necessitando da definição dos atributos 'área' e 'similaridade'. Essa escolha deve considerar a intensidade e diversidade de ocupação e do uso da terra e a fragmentação da paisagem. Quanto mais densa e homogênea for a cobertura natural, a escolha dos parâmetros, o tamanho da área em *pixels* e a similaridade dos tons de cinza devem recair sobre uma seleção de valores que comportem maior aglutinação de *pixels*, reduzindo significativamente a quantidade de polígonos gerados na segmentação (IBGE, 2012). Neste caso, para os quesitos similaridade e área foi atribuído o valor 5, que limitou a quantidade mínima de *pixels* que uma região deve conter na imagem segmentada. O uso da segmentação de imagens é uma forma de superar algumas das limitações apresentadas pelos classificadores (BOTELHO e CENTENO, 2005), e desta forma, os segmentos gerados foram utilizados para auxiliar a seleção das amostras.

a.3) Classificação das imagens Landsat - Para esta fase foram testados métodos supervisionados e não-supervisionados, além de diversos classificadores para verificar aquele que apresentou resultados mais refinados e detalhamento mais preciso das classes de cobertura da terra. Após os testes, foram escolhidos o método de classificação supervisionada, o algoritmo de crescimento de regiões e o classificador Bhattacharya do programa SPRING. Este método utiliza para a identificação dos alvos (classes fisionômicas) os seguintes elementos: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto (FLORENZANO, 2002).

Para a identificação das fisionomias encontradas no Parque, com base nas imagens de satélite, foi utilizado o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) e descrições prévias da vegetação, baseadas em estudos realizados por Marimon e Lima (2001) e Marimon *et al.* (2008, 2010, 2012).

Após a classificação, a imagem foi importada no ArcGis, para edição manual, assegurando maior confiabilidade às classes de vegetação e elaboração de *layout* para geração do mapa de cobertura da terra do PEA.

a.4) Validação da classificação feita com as imagens Landsat - A validação do mapa de cobertura da terra foi realizada por meio de 63 pontos amostrais, das diferentes classes de fisionomias, coletados em campo e por meio de imagens de alta resolução espacial, disponíveis sem custo via Google Earth (ROSA e SANO, 2014). Finalmente, foi calculada a área de cada classe temática encontrada no Parque para quantificação de suas diferentes formações vegetais.

b) MODIS

b.1) Pré-processamento - Os dados MODIS foram pré-processados utilizando-se o aplicativo *Modis Reprojection Tool* (MRT - NASA/EOS, 2002) para serem reprojatados para a projeção UTM zona 22 e Datum WGS-84, e reamostrados para todas as bandas ficarem com 250m de resolução espacial através do algoritmo de vizinho mais próximo e posteriormente convertidos para formato geotiff. Em seguida, os dados foram transformados de 16 para 8 bits utilizando-se o aplicativo ConvGeoTiff (ARAI, 2003). Finalmente os dados foram importados para um banco de dados geográfico (BDG) gerado no *software* SPRING.

c) Landsat e MODIS

De posse de todas as imagens no BDG do SPRING foi aplicado o Modelo Linear de Mistura Espectral para toda a série temporal, a qual objetiva estimar a dimensão dos elementos (solo, sombra e vegetação) para cada *pixel* puro (*endmembers*), a partir da resposta espectral nas diversas bandas, gerando imagens fração solo, vegetação e água, também conhecida como fração sombra (SHIMABUKURO e SMITH, 1991; SHIMABUKURO *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2010). Assim, foram escolhidos, através de uma imagem Landsat e uma MODIS, os *endmembers* com a resposta espectral mais próxima da curva teórica esperada para alvos puros, resultando em um modelo único empregado em todas as imagens para geração das imagens fração (Figura 2a e 2b) (ANDERSON *et al.*, 2011).

Após a obtenção das imagens fração, foram selecionadas as imagens fração sombra de todos os dados Landsat TM/ETM+ e Terra/MODIS e cada imagem foi importada para o aplicativo ENVI 4.8, onde foram testados diferentes limiares de forma a selecionar somente *pixels* com lâmina d'água. Observou-se a caracterização da lâmina de água em *pixels* com um intervalo 165 a 200. Os valores que ficaram fora desse intervalo foram considerados como “não-água”.

Posteriormente, os dados de inundação foram editados manualmente devido a não captura de toda extensão da lâmina d'água, quando comparado visualmente, possivelmente devido à água carregar sedimentos. Ao final, foi quantificada a área inundada mensalmente e elaborados os mapas.

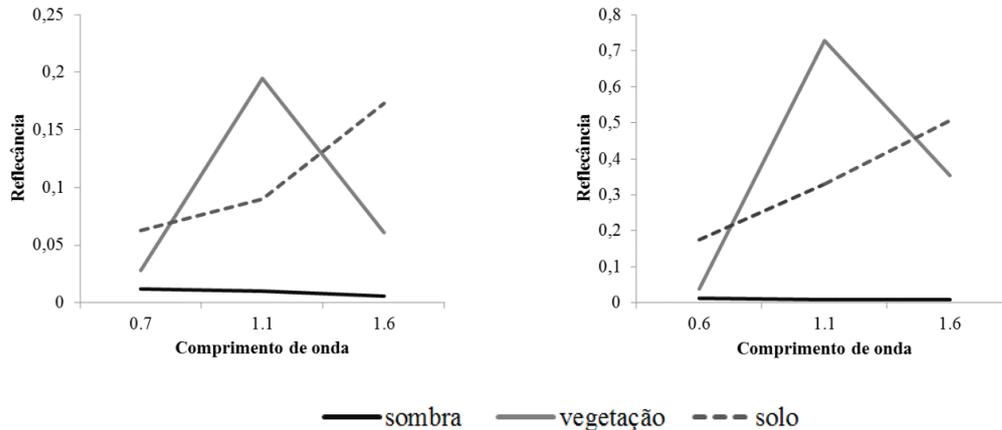


Figura 2a. Curvas espectrais utilizadas para geração das imagens fração Landsat. **Figura 2b.** Curvas espectrais utilizadas para geração das imagens fração MODIS.

d) EVI-2

Os dados referentes ao Índice de Vegetação Melhorado (EVI-2) referem-se aos anos de 2000 a 2010, representando uma série temporal. Por meio deste, foram selecionadas amostras de áreas (*pixels*) do PEA para obtenção dos valores de EVI-2 ao longo do tempo, visto se basear no fato que diferentes coberturas apresentam, além de diferentes respostas espectrais, padrões temporais distintos (VICTORIA *et al.*, 2009; FREITAS *et al.*, 2011).

e) Dados de fogo

Os dados de incêndios foram utilizados para subsidiar a interpretação da série temporal do EVI-2. Os detalhes metodológicos referentes à organização destes dados encontram-se explícitos no capítulo 1 desta dissertação.

f) TRMM

f.1) Sazonalidade - Os dados mensais de chuva recobrimdo toda a extensão da área de estudo foram sistematizados e tabulados por meio do Excel e analisados juntamente com os dados de inundação. Pereira *et al.* (2013) ao relacionarem os dados estimados pelo TRMM com 183 estações meteorológicas distribuídas pelo Brasil registraram 97% de concordância entre os dados. Anderson *et al.* (2013) estimaram um erro médio quadrático de cerca de 43-57 mm de chuva entre o estimado pelo TRMM e estações meteorológicas na região da área deste estudo. Além disso, estes dados são primordiais para regiões com déficit de estações meteorológicas de campo, sendo que há um número insignificante de falhas em suas séries temporais (COLLISCHONN *et al.*, 2007) e a interpolação espacial de dados entre estações apresenta grandes limitações para análises de padrões espaciais.

e.2) Modelo de inundação - Para geração da série histórica de inundação foi realizada uma regressão entre os dados mensais de chuva e área inundada referente ao ano de 2001, com melhor adequação da curva para um mês de defasagem. As chuvas explicaram 75% da variabilidade no padrão de inundação, neste caso, por meio da base da equação do modelo de regressão (Figura 3). Os dados foram linearizados por meio de função logarítmica (CPRM, s.d.). Com base na relação encontrada, foi realizada uma extrapolação dos dados de inundação para a série histórica entre 2000 e 2010. Em geral, tem-se uma correlação entre a vazão e a área inundada, mas devido às características (lençol freático raso) da Bacia do Rio Araguaia de transbordar, a mesma responde às chuvas (HAMILTON *et al.*, 2002; VIEIRA, 2002; DIAS, 2014), havendo correlação entre precipitação e área de inundação.

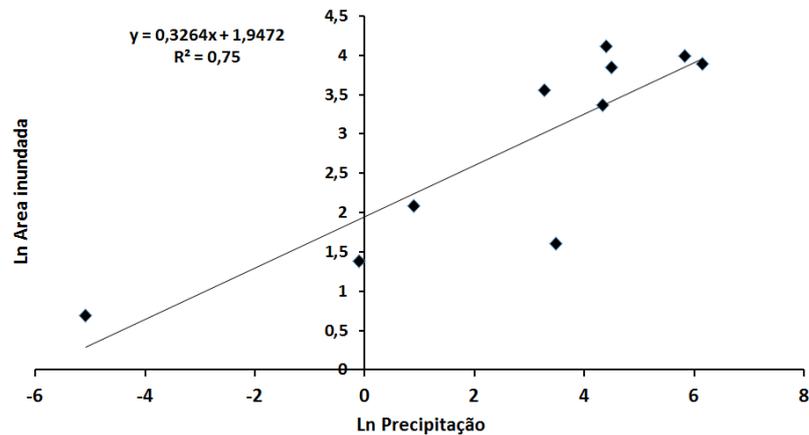


Figura 3. Regressão entre os dados de área inundada segundo dados MODIS e precipitação oriunda do TRMM no PEA, referente aos meses de janeiro a outubro de 2001.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura da Terra

A classificação da cobertura da terra do PEA foi dividida em sete classes, sendo: Corpos d'água permanentes, Floresta aluvial, Florestas inundáveis, Savana arborizada, Savana gramíneo-lenhosa, Savana florestada e bancos de areia (Figura 4).

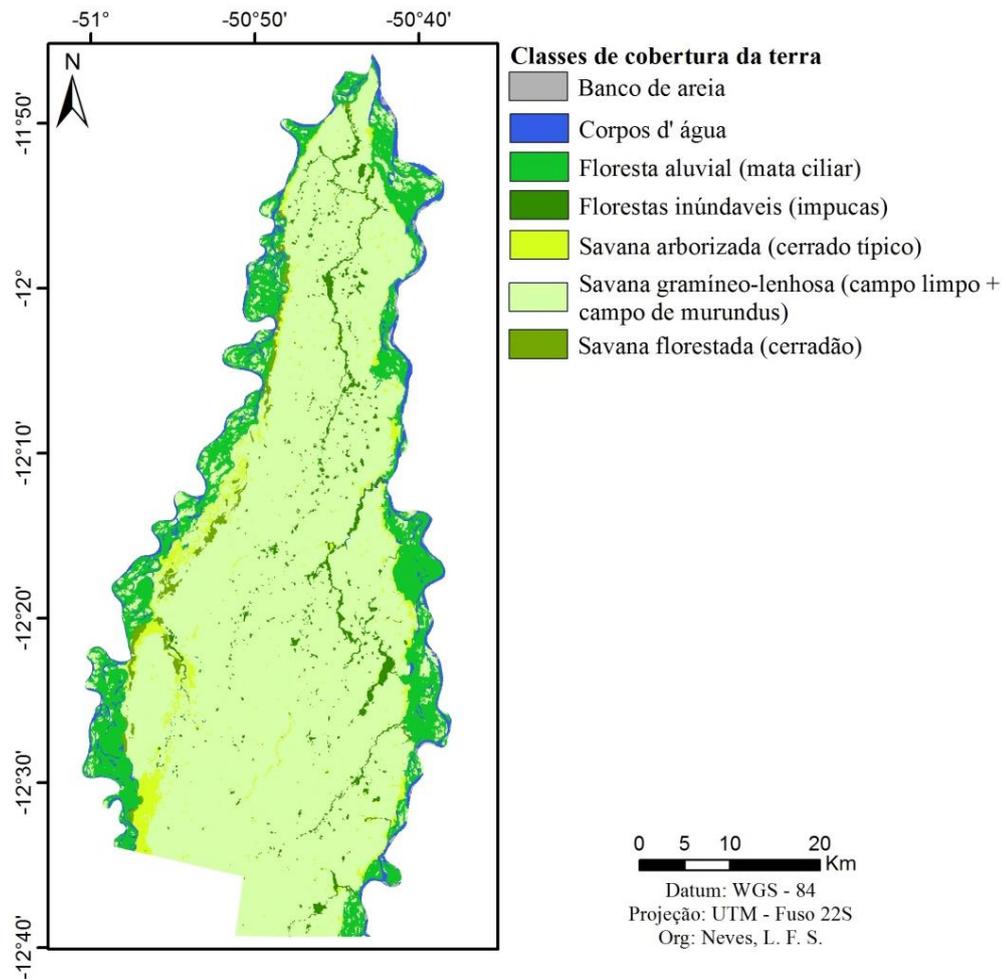


Figura 4. Cobertura da terra do Parque Estadual do Araguaia no ano de 2001.

A Floresta Aluvial (mata ciliar) no ano de 2001 representou 14% da cobertura do Parque Estadual do Araguaia (Tabela 2), caracterizando a vegetação florestal às margens de grandes rios, onde as copas das árvores de uma margem não encontram a outra margem, possibilitando a incidência direta de luz (RIBEIRO *et al.*, 1999). As matas ciliares são de grande importância para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal, atuando como corredores, além de contribuírem com a proteção dos mananciais, controlando a entrada de nutrientes, sedimentos e a erosão das ribanceiras (LEITE, 2004).

As Florestas Inundáveis, também conhecidas localmente como impucas ou ipucas, são fragmentos naturais de floresta localizados em depressões que favorecem a retenção de água e seu alagamento por longos períodos (MARTINS *et al.*, 2002; MARIMON *et al.*, 2008). Estas diferem das florestas de galeria, visto não acompanhar rios ou córregos e apresentar formatos alongados, elípticos, circulares e irregulares, dependendo das depressões do terreno (BARBOSA, 2009).

No PEA as impucas representavam 3% de área total (Tabela 2), e os solos, apesar da baixa fertilidade apresentam coloração escura devido à elevada concentração de matéria orgânica e espessa malha de raízes (BARBOSA *et al.*, 2011). Segundo Marimon *et al.* (2008) estas florestas estabelecem importante ligação entre rios, lagos e córregos, e servem como ninhais para a avifauna, sendo que sua degradação pode intensificar o processo migratório de predadores naturais e desencadear alterações no equilíbrio do ambiente (MARTINS *et al.*, 2002). Barbosa *et al.* (2011) ressaltam a escassez de informações sobre as impucas em Mato Grosso, recomendando mais estudos, visto que, o avanço de atividades antrópicas, especialmente o fogo, está colocando em risco a integridade destas florestas.

A Savana Arborizada, também conhecida como cerrado típico ou cerrado sentido restrito, ocupava 4% da área total do Parque no período do mapeamento (Tabela 2). Segundo Marimon *et al.* (2008, 2012) esta formação encontra-se bem representada no Parque, com várias espécies típicas de cerrado.

A Savana Florestada, ou cerradão, era a classe florestal de menor representatividade no Parque, cobrindo apenas 1% de sua área (Tabela 2). Marimon *et al.* (2008, 2012) relataram que esta fitofisionomia apresenta apenas algumas manchas no PEA, que ocorrem em áreas de relevo mais elevado, associado à mata ciliar ou a savana arborizada.

Na classe Savana gramíneo-lenhosa foram agrupados os campos de murundus e os campos limpos, pois por meio da escala trabalhada não foi possível separar as duas classes, ocupando no ano de criação do Parque 74% de sua área total (Tabela 2). No campo limpo há a predominância de gramíneas, onde Marimon *et al.* (2012) identificaram 46 espécies. Nos campos de murundus, ou Parque de Cerrado, ocorrem incontáveis montes de terra (murundus) cobertos por vegetação típica de cerrado, distribuídos em um campo graminoso (OLIVEIRA-FILHO, 1992; RIBEIRO e WALTER, 2008). Em um estudo realizado em apenas 11 hectares de campos de murundus no PEA Marimon *et al.* (2012) registraram mais de 300 espécies de ervas, arbustos, subarbustos, árvores, lianas e palmeiras. De acordo com Oliveira-Filho (1992), os murundus ocorrem em áreas periodicamente inundáveis, funcionando como ilhas de proteção da vegetação e da fauna no período chuvoso, contra alagamentos e saturação hídrica do solo. Por fim, 4% da área do PEA corresponderam aos corpos de água e bancos de areia (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de cobertura da terra no ano da criação (2001) do Parque Estadual do Araguaia.

Classes mapeadas	ha	%
Corpos d' água	8.013	3,7
Floresta aluvial (mata ciliar)	31.561	14
Florestas inundáveis (impucas)	6.758	3
Savana arborizada (cerrado típico)	7.922	4
Savana gramíneo-lenhosa (campos de murundus e campos limpos)	165.618	74
Savana florestada (cerradão)	2.523	1
Bancos de areia	775	0,3
Total	223.169	100

Dinâmica de Inundação

Foram mapeadas as áreas inundáveis do PEA a partir da série mensal de imagens Landsat e MODIS do ano de 2001. Por meio da análise semivisual da série de mapas foi possível identificar um padrão dinâmico e claro de inundação ao longo do ano (Figura 5 e Figura 6).

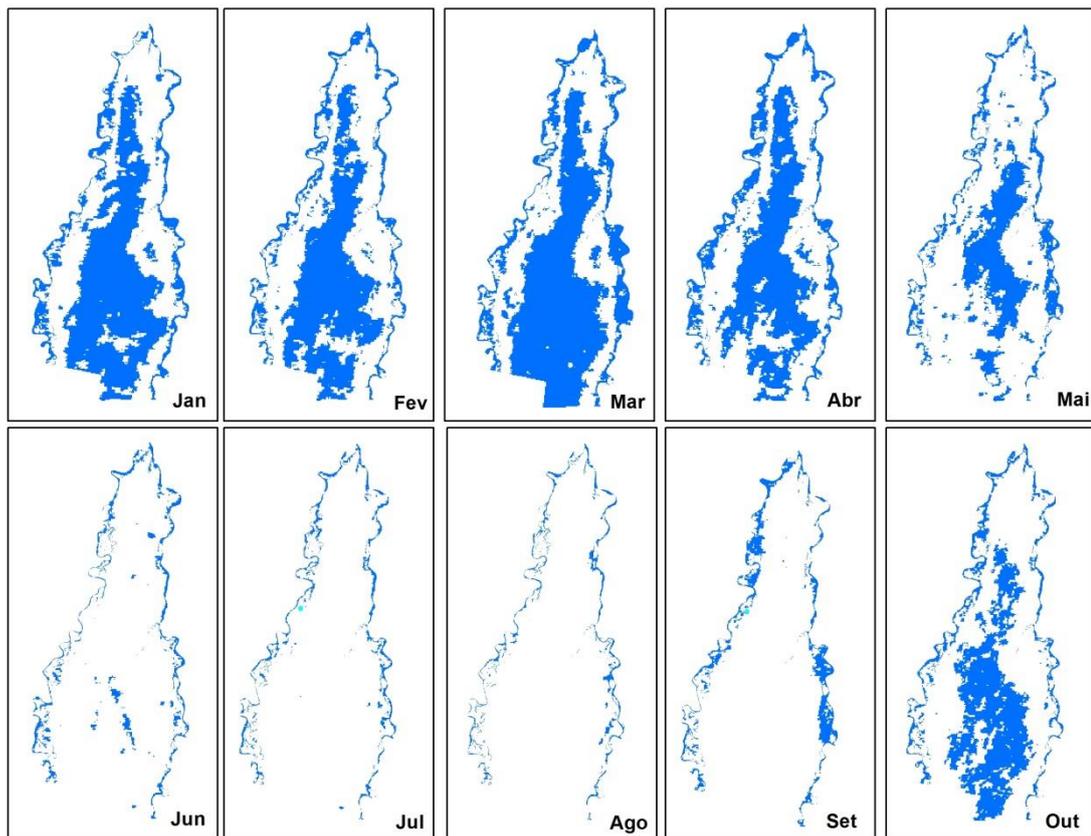


Figura 5. Dinâmica de inundação do Parque Estadual do Araguaia entre janeiro a outubro de 2001, por meio das imagens MODIS.

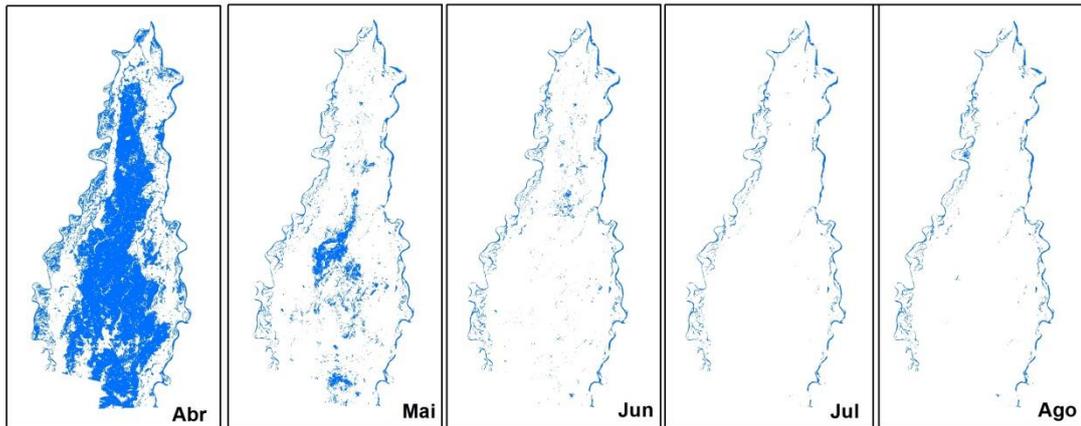


Figura 6. Lâmina d'água mapeada entre abril a agosto de 2001 por meio das imagens Landsat.

É marcante a concentração de inundação na área central do Parque, com maior predominância nos meses de outubro a abril (Figura 5). Infelizmente não foi possível mapear os meses de novembro e dezembro devido à alta incidência de nuvens nas imagens.

A utilização de imagens de dois satélites para a classificação do ciclo de inundação se deu para testar o desempenho dos mesmos e verificar o grau de concordância entre os resultados de forma semi-quantitativa, pois não foi possível adquirir imagens das mesmas datas, e uma diferença de cinco dias pode alterar o padrão de inundação, conforme observado para o mês de maio. Os meses de abril e maio foram os que apresentaram a maior diferença entre as imagens (Tabela 3), provavelmente devido à diferença entre as datas de aquisição das imagens, características das áreas inundadas (tamanho dos corpos d'água e presença de sedimentos) e características dos sensores.

Tabela 3. Porcentagem de área inundada do Parque Estadual do Araguaia no ano de 2001.

Meses	MODIS	Landsat
Janeiro	54%	-
Fevereiro	47%	-
Março	61%	-
Abril	49%	55%
Maio	29%	11%
Junho	5%	5%
Julho	4%	3%
Agosto	2%	3%
Setembro	8%	-
Outubro	35%	-
Novembro	-	-
Dezembro	-	-

Extrapolação da área inundada

Por meio da extrapolção dos dados de área inundada, utilizando-se a equação apresentada na figura 3, obteve-se o padrão de inundação do PEA entre 2000 e 2010 (Figura 7). Os resultados

apontam uma tendência de diminuição da área inundada nos anos de 2009 e 2010, fato este possivelmente relacionado com a redução das chuvas nos últimos anos e intensificação dos fenômenos El Niño e La Niña. Araújo et al. (2012) destacam que no ano de 2010, principalmente no Cerrado e na Amazônia, estes fenômenos resultaram em uma estação seca prolongada e mais intensiva do que o habitual. Neste caso, os eventos de seca podem representar ameaças importantes às florestas tropicais, visto que a vegetação pode se tornar cada vez mais vulnerável (LEWIS et al., 2006; PHILLIPS et al., 2010), principalmente em áreas sazonalmente inundáveis, como é o caso do PEA.

Os anos de 2003, 2004 e 2005 apresentaram a maior inundação e não foi identificado padrão de inundação semelhante entre os anos. Segundo Vieira (2002), durante a estação chuvosa grande parte da extensa planície do Rio Araguaia é inundada temporariamente, tanto por chuvas locais, como por saturação freática. As variações sazonais das condições hidrológicas formam planícies distintas quanto à duração e altura das inundações (PADOVANI, 2010). Neste caso, áreas sazonalmente inundadas agem como um bioprocessador e os nutrientes inorgânicos levados do rio para a planície de inundação são utilizados por produtores primários para produzir matéria orgânica, que depois é utilizada pelos consumidores, resultando em produções primária e secundária elevadas (RESENDE, 2003).

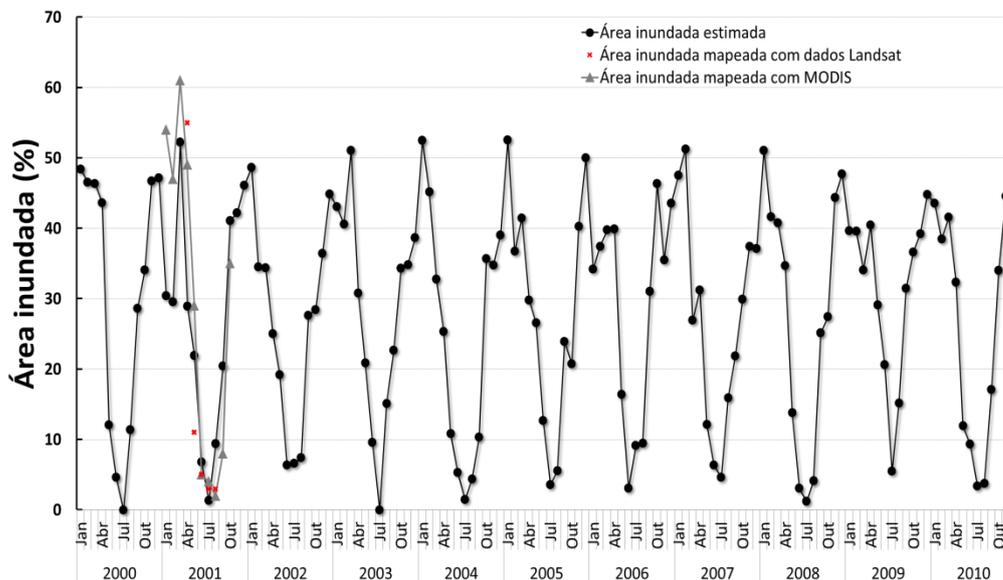


Figura 7. Série histórica de inundação do Parque Estadual do Araguaia entre 2000 e 2010.

Segundo Latrubesse e Stevaux (2006), a planície de inundação do Rio Araguaia compõe um mosaico de unidades inter-relacionadas, formando um sistema hidro-sedimentológico que

regula a área mais importante de ecossistemas aquáticos do Cerrado brasileiro. De acordo com os referidos autores, as áreas do Cerrado que se estendem entre o sistema do médio Rio Araguaia e o seu mais importante afluente, o Rio das Mortes, são os últimos remanescentes do ecossistema, o qual foi praticamente destruído durante as últimas décadas. Onde também, a vegetação da planície aluvial e seu sistema de lagos são alguns dos últimos refúgios para a fauna do Cerrado, reforçando a importância do PEA e a urgência em se adotar medidas de conservação deste importante e complexo mosaico de habitats inundáveis.

No PEA, no ano de sua criação (2001), 74% da área era coberta por campos de murundus, sendo estes altamente dependentes da dinâmica de inundação. Neste caso, a diminuição do período de inundação, como foi registrada nos anos de 2009 e 2010, e a persistência de secas poderão acarretar o desaparecimento desta complexa paisagem. Vale salientar que a Planície de Inundação do Araguaia é o único lugar do planeta onde esta vegetação (campos de murundus) ocorre em tão grande extensão, visto haver apenas algumas pequeníssimas manchas isoladas nos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

De acordo com o departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis, a Bacia do Rio Araguaia pode ser dividida em três unidades: alto, médio e baixo. O PEA encontra-se abrangido pelo médio Rio Araguaia, onde as margens mais baixas, arenosas e menos íngremes favorecem os processos de migração do canal, e onde o uso inapropriado da terra, a expansão da agricultura e o desmatamento têm causado impactos críticos (LATRUBESSE e STEVAUX, 2006), com mudanças morfológicas significativas durante os últimos 40 anos (LATRUBESSE e PRADO, 2006).

Caracterização espectral da vegetação

A partir da coleta de oito pontos amostrais de áreas de florestas inundáveis (impucas), quatro pontos amostrais de campos de murundus, quatro de cerradão e quatro pontos de cerrado típico (Figura 8), foi elaborada a série temporal de vegetação (Figura 9). As impucas foram divididas em: aquelas que apresentam semelhante quebra no padrão de sazonalidade (semelhante tendência no aumento ou diminuição do índice de vegetação) (Figura 9A) e aquelas que mantiveram diferente padrão sazonal durante o período avaliado (Figura 9B), com base em uma análise visual das curvas de índice de vegetação ao longo dos anos.

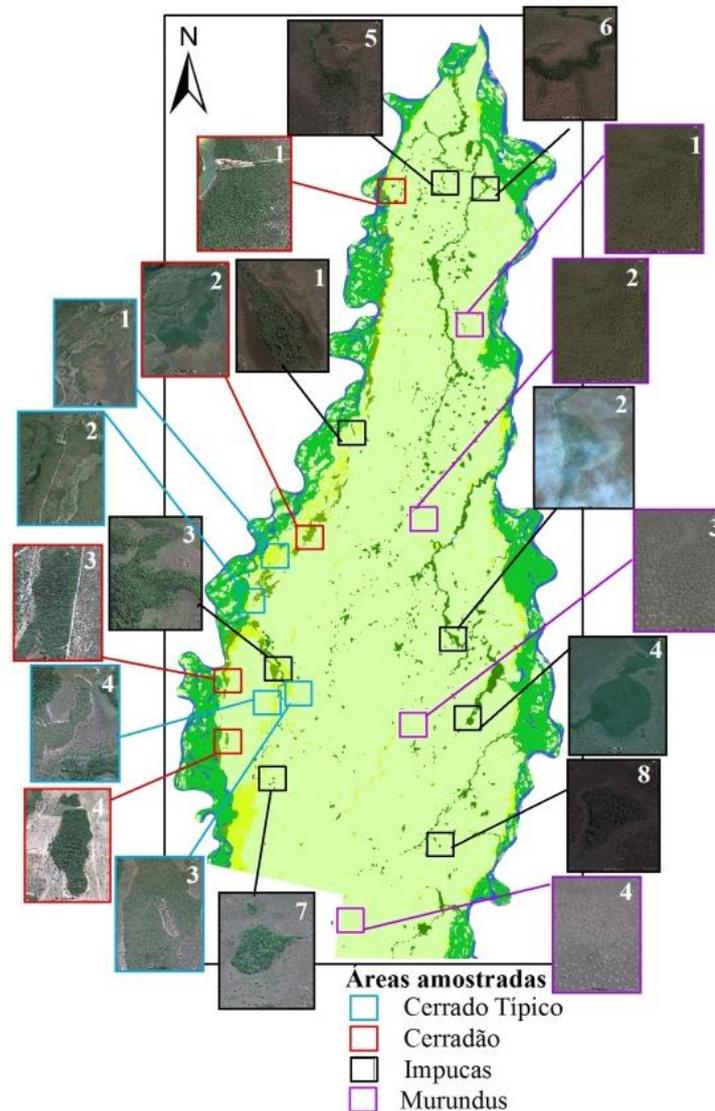


Figura 8. Áreas amostradas para elaboração da série temporal do Índice de Vegetação EVI-2. Imagens Google Earth, 2015.

As impucas 2, 4, 6 e 8 apresentaram aspectos semelhantes nas séries temporais em diversos momentos, como em fevereiro de 2007, quando ocorreu uma queda brusca nos valores do índice de vegetação de todas as áreas amostradas. Nas impucas 2 e 6 a maior queda ocorreu em fevereiro de 2010, na impuca 4 foi em abril de 2009 e na impuca 8 em fevereiro de 2007. As quedas nos valores do índice de vegetação podem estar relacionadas a fatores naturais (como caducifolia, variação climática e vigor vegetativo decorrente do déficit hídrico) e antrópicos (como desmatamento e incêndios), sendo estes últimos os mais prejudiciais à integridade da vegetação (MAZIONE *et al.*, 2014).

Nas impucas que apresentaram padrão diferente as maiores quedas do índice de vegetação ocorreram na impuca 1 (março/2004), na impuca 3 (janeiro/2002), na impuca 5 (fevereiro/2004) e na impuca 7 (março/2003). Em todas as áreas, ao longo da série temporal de 10 anos, foram

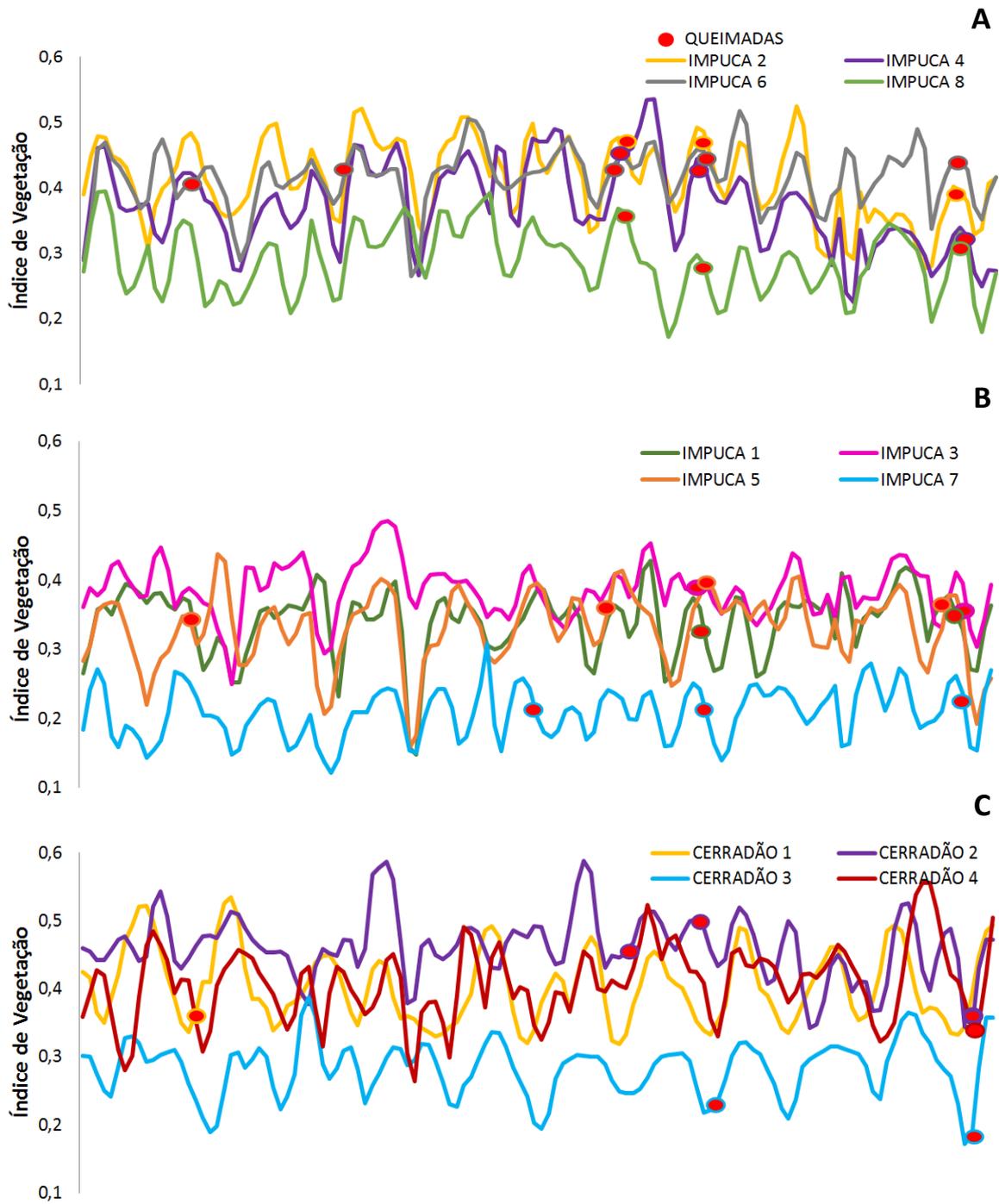
registrados incêndios entre 2 a 4 vezes, em especial nos anos de 2007 e 2010, nos quais houve passagem de fogo em todas as áreas (Capítulo 1). Logo após a passagem do fogo é notável uma queda no EVI, indicando que ocorreu impacto na vegetação. Este resultado remete a uma preocupação, visto que em termos de conservação pode representar grande risco às impucas que não estão adaptadas ao fogo.

As impucas mais isoladas, como é o caso da 7 e 8, apresentaram os menores valores do índice de vegetação. Neste caso, estas impucas já seriam naturalmente mais vulneráveis aos impactos causados pelo fogo e seca devido suas características restritivas, como os efeitos de borda, que podem proporcionar maior irradiação solar, frequência e intensidade de ventos, além do isolamento da área (MEDEIROS e FIEDLER, 2004).

As áreas amostradas de cerradão (Figura 9C), cerrado típico (Figura 9D) e campos de murundus (Figura 9E) apresentaram aspectos semelhantes ao das impucas, ou seja, no período de chuvas ocorre aumento no valor do índice de vegetação e no início da estiagem estes valores tendem a decrescer. Entretanto, estas áreas apresentaram padrões distintos entre si, visto que no cerradão ocorreu padrão (valor) diferente no EVI entre as áreas amostradas e no cerrado típico e campos de murundus ocorreu similaridade nos valores de EVI entre as amostras, ou seja, apresentaram um padrão bem regular.

Os campos de murundus (Figura 9E) apresentaram os menores valores do índice de vegetação, devido à menor biomassa, com árvores e arbustos concentrados em pequenas ilhas (murundus) dispersas em um extenso campo gramíneo. Baixo valor (0,1 a 0,4) de EVI também foi registrado em um dos cerradões avaliados (3). Esta área representa uma mancha isolada localizada em uma matriz de pastagem, sendo que a vegetação sofre com a entrada do gado, que se alimenta das folhas das árvores (parte inferior da copa) e das plântulas, enquanto as outras áreas de cerradão estão cercadas e não permitem o acesso do gado (observação em campo).

Nas áreas de cerrado típico avaliadas no presente estudo, não há acesso direto do gado e devido ser esta uma vegetação melhor adaptada (em comparação com as impucas e os cerradões) à seca e ao fogo (COUTINHO, 1978) tendeu a responder de maneira mais uniforme no decorrer dos anos.



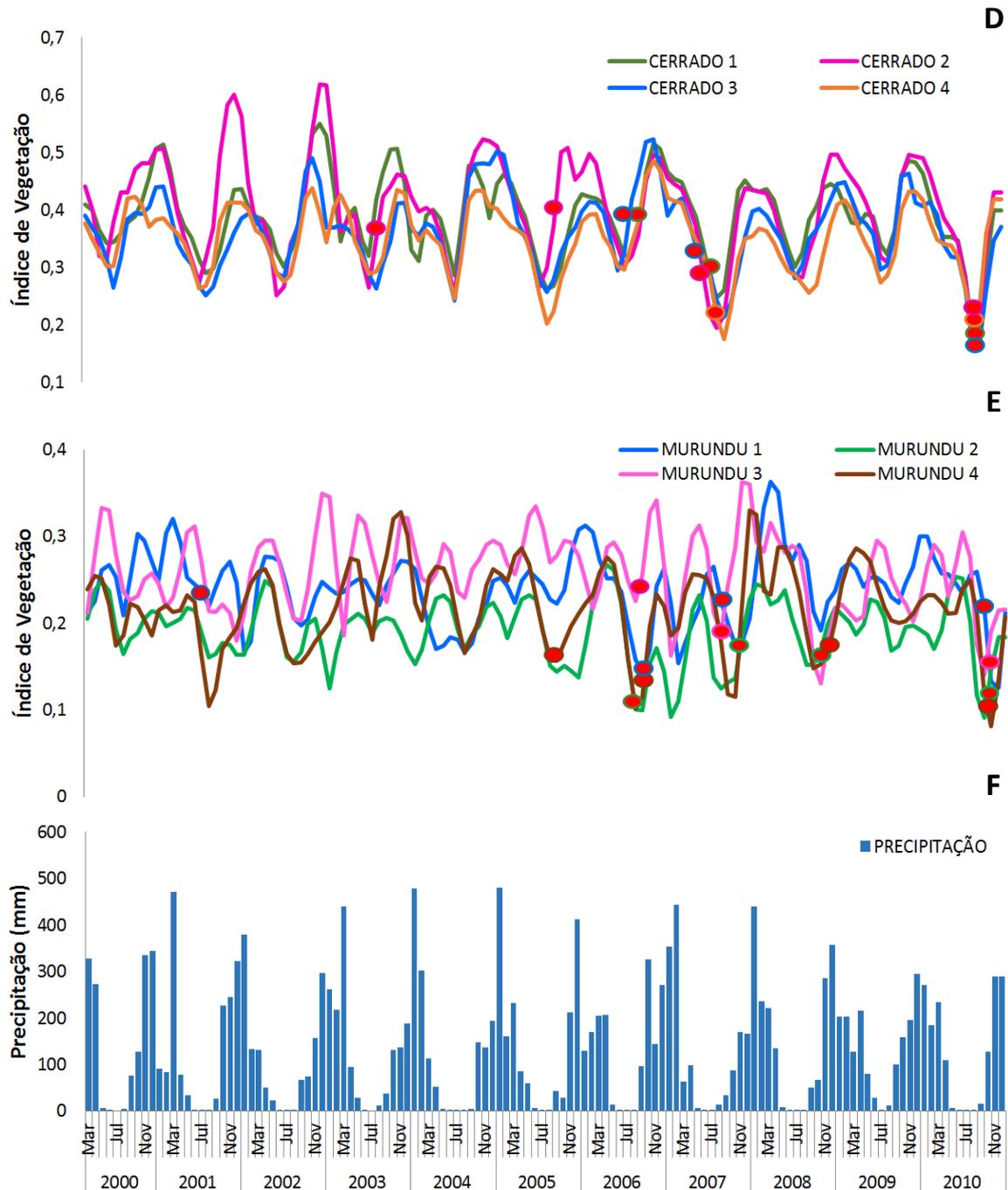


Figura 9. A) Série temporal do Índice de Vegetação de impucas com padrão semelhante entre as curvas ao longo dos anos; B) Série temporal do Índice de Vegetação de impucas com padrão diferente entre as curvas ao longo dos anos; C) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de cerradão; D) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de cerrado típico; E) Série temporal do Índice de Vegetação de áreas de murundus; F) Média de precipitação do Parque Estadual do Araguaia.

A maior queda no EVI ocorreu quando a precipitação foi baixa e a ocorrência de incêndios alta (Figura 9F), em meses de seca que provavelmente contribuíram para propagação do fogo. Em todas as áreas amostradas foram registradas ocorrências de incêndios ao longo dos 10 anos de estudo. No cerradão foi observado menor número de ocorrências, quando comparado ao cerrado típico e as impucas. Também foi constatado que em áreas de impucas os incêndios ocorreram

mesmo quando o EVI ainda estava alto, sofrendo queda posteriormente. Entretanto, nas áreas de cerrado típico, campos de murundus e cerradão o EVI, com algumas exceções, aumentou após a passagem do fogo. Provavelmente isso ocorreu devido às adaptações ao fogo das espécies típicas destas fitofisionomias, pois logo após os incêndios lançam novas folhas e rebrotam (MARIMON e LIMA, 2001; MARIMON *et al.*, 2008), padrão este refletido na manutenção do padrão da curva do EVI. Porém, nas florestas inundáveis (impucas), logo após a passagem do fogo, a curva sempre apresentou uma diminuição com uma evidente delonga para a recomposição do EVI, o qual só retornava ao normal na época das chuvas.

Constatou-se a ocorrência de picos no EVI nos três primeiros meses do ano em toda a série histórica para todas as áreas amostradas, devido estar relacionados à época em que o desenvolvimento vegetativo atinge sua plenitude (GOLTZ *et al.*, 2007). Também foi evidente que, em todas as áreas no ano de 2010, os valores do EVI estiveram mais baixos e foram registradas ocorrências de fogo, reforçando o quanto eventos de seca intensos podem ser prejudiciais para vegetação do PEA (MARENGO *et al.*, 2011; LEWIS *et al.*, 2011).

As respostas das plantas aos impactos do fogo podem variar conforme sua intensidade, frequência e também de acordo com a vulnerabilidade da vegetação atingida (SILVA *et al.*, 2005). As espécies do cerradão e do cerrado típico possuem adaptação ao fogo, o que pode contribuir para sua conservação (FREITAS *et al.*, 2005). No entanto, os campos de murundu, apesar de apresentarem espécies típicas de cerrado, podem estar comprometidos devido a elevada recorrência de incêndios entre os anos, visto que esta vegetação não consegue resistir a contínuas passagens de fogo (MARIMON *et al.*, 2012).

As espécies das impucas (florestas inundáveis) são sensíveis ao fogo, e dependendo da frequência e intensidade dos incêndios esta fitofisionomia poderá desaparecer completamente do PEA (Capítulo 1). Além disso, com o aumento na ocorrência de anomalias climáticas, como as secas registradas em 2005, 2007 e 2010 (LEWIS *et al.*, 2011; MARENGO *et al.* 2011), a dinâmica de inundação da área poderá ser alterada, comprometendo as fitofisionomias que dependem do ciclo de inundações, como as impucas e os campos de murundus, as quais podem desaparecer e dar lugar àquelas melhor adaptadas a áreas mais secas. Neste caso, a mais extensa área do planeta coberta por campos de murundus, cuja paisagem é moldada pela inundação sazonal, poderá se transformar em uma área coberta por outro tipo de vegetação, como o cerrado típico.

A redução da dinâmica de inundações tende ainda a aumentar a ocorrência de incêndios no Parque, que já ocorre intensamente no período de seca, em especial nos meses de agosto e

setembro (Capítulo 1). Rossato *et al.* (2004) expuseram que o percentual de armazenamento de água no solo é baixo entre os meses de julho e setembro em virtude das altas temperaturas, associando-as ao período em que ocorre a diminuição da precipitação, contribuindo para o aumento da evapotranspiração e tornando a vegetação mais seca, o que facilita a ocorrência e propagação de incêndios. Maracahipes *et al.* (2014) observaram que a ocorrência de incêndios em impucas pode reduzir o número de indivíduos pela metade, sendo necessários aproximadamente 130 anos para o retorno destes indivíduos, caso as taxas de mortalidade e recrutamento estejam desequilibradas, levantando preocupação com a manutenção destas florestas a curto e médio prazos. Matricardi *et al.* (2013) também apontaram que as florestas da Amazônia podem demorar mais tempo para se recuperar após a passagem do fogo do que após o corte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área do Parque Estadual do Araguaia é abrangida por fitofisionomias distintas e de grande importância ecológica, sujeitas a um regime de inundação sazonal. Os campos de murundus ocupam mais de 70% da área do PEA, sendo que o único lugar do planeta onde esta fitofisionomia ocorre em extensas áreas contínuas é a Planície de Inundação do Rio Araguaia. As florestas inundáveis (impucas), apesar de ocupar menos de 5% da área do PEA, também ocorrem apenas nesta planície de inundação.

Os campos de murundus poderão estar ameaçados se a dinâmica de inundações do PEA for alterada e as impucas correm risco com a alta frequência e recorrência de incêndios. Neste caso, uma maior compreensão sobre a cobertura de terra e a dinâmica de inundações do PEA permitirá embasar políticas públicas estratégicas para a conservação e o manejo do Parque.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa à primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do estudo no âmbito do PELD - Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (Proc. 403725/2012-7).

Aos pesquisadores Egidio Arai e Luís Eduardo O. Aragão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e Conrado Rudorff do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de

Desastres Naturais - Cemaden pelo auxílio e dicas importantes para concretização deste trabalho.

Aos Laboratórios de Agricultura e Floresta (LAF) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Laboratório de Geotecnologias (LABGEO) e Laboratório de Ecologia Vegetal (LABEV), da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e suas equipes, pela infraestrutura concedida e auxílio. À Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT), pela permissão para realização da pesquisa na área de estudo.

B. S. Marimon agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa e L. O. Anderson agradece ao Projeto AMAZONICA (Natural Environment Research Council, Reino Unido, Proc. NE/F005806/1), ao MCTI-PCI (Proc. 302541/2014-4) e ao CNPq (Proc. 458022/2013-6).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARAI, E. Avaliação dos dados de chuva mensal para a região Amazônica oriundos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) produto 3b43 versões 6 e 7 para o período de 1998 a 2010. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, p. 6743-6750, 2013.

ANDERSON, L. O.; ARAGAO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; ALMEIDA, S.; HUETE, A. Fraction images for monitoring intra-annual phenology of different vegetation physiognomies in Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 2, p. 387-408, 2011.

ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LADLE, R.; ARAI, E.; BARBIER, N. B.; PHILLIPS, O. Remote sensing detection of droughts in Amazonian forest canopies. **New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 733-750, 2010.

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; LIMA, A.; MEDEIROS, J. S. Mapeamento da cobertura da terra do Estado do Mato Grosso através da utilização de dados multitemporais do sensor MODIS. **Geografia**, Rio Claro, v. 30, n. 2, p. 365-388, 2005.

ARAI, E. Software **ConvGeoTiff**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010 Period. **Remote Sensing**, v. 4, n. 7, p. 1929-1946, 2012.

- BARBOSA, D. C. F.; MARIMON, B. C.; LENZA, E.; MARIMON JUNIOR, B. H.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L. Estrutura da vegetação lenhosa em dois fragmentos naturais de florestas inundáveis (impucas) no Parque Estadual Do Araguaia, Mato Grosso. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 457-471, 2011.
- BORGES, H. B. B.; SHEPHERD, G. J.; Flora e estrutura do estrato lenhoso numa comunidade de Cerrado em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, v. 28, n. 1, p. 61-74, 2005.
- BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMANN, A. A.; HUMBER, M. **MODIS collection 5.1 burned area product - MCD45**. User's Guide. Version 3.0.1. 2013.
- BOTELHO, M. F.; CENTENO, J. A S. Uso integrado de imagem de alta resolução espacial e altura derivada do laser scanner na escolha do classificador orientado a região. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 11, n. 1, p.71-87, 2005.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CANTY, M. J; NIELSEN, A. A. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 3, p. 1025-1036, 2008.
- CANTY, M. J.; NIELSEN, A. A.; SCHMIDT, M. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, n. 3, p. 441-451, 2004.
- CASTRO, A. A. J.F.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J.Y.; SHEPHERD, G. J. How rich is the flora of Brazilian Cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 86, p. 192-224, 199.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L. ; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 5, p. 893-903, 2009.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN. W.; TUCCI, C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa da precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59, v. 1, p. 93-99, 2007.
- COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Sem data. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/cap9-correl_regres.pdf.

DIAS, A. P. **Análise espacial aplicada á delimitação de áreas úmidas da planície de inundação do médio Araguaia**. 2014, 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade federal de Mato Grosso, 2014.

ESRI. **ArcGis**. Version 9.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA. 2007.

FELFILI, J. M.; SILVA JR, REZENDE, M. C.A; MACHADO, V. J. W. B; WALTER, B. M. T; SILVA, P. E. N.; HAY, J.D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, DF - Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 6, n. 2, p. 27-46, 1993.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; FERREIRA, A. S.; SATO, F. Y.; SHIMBUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L.O.; RUDOLFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2011.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 167-185, 2005.

GOLTZ, E.; BRANDÃO, D.; TOMÁS, L.; MANTELLI, L. R.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor MODIS na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal Sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, p. 35-44, 2007.

HALL, F. G.; STREBEL, D. E.; NICKESON, J. E.; GOETZ, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.

HAMILTON, S. K.; SIPPEL, J. S.; MELACK, J. M. Comparação dos padrões de inundação entre as grandes planícies de inundação da América do Sul. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. 20, p. 5-14, 2002.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1, p.195- 213, 2002.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação Brasileira**. Revista Impressa nº 1, 2ª ed. 275p. Rio de Janeiro, RJ, 2012.
- JEPSON. W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, v. 171, n. 2, p. 99-111, 2005.
- JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833-3845, 2008.
- LATRUBESSE, E. M.; PRADO, R. Avaliação das mudanças no canal do rio Araguaia através de dados geomorfológicos semi-quantitativos e sua relação com o desmatamento do Cerrado. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 2, p. 1-28, 2006.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. S. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. **Geociências**, v. 5, n. 1, p. 65-73, 2006.
- LEITE, E. C.; COVRE, T. B.; OMETTO, R. G.; CAVALCANTI, D. C.; PAGANI, M. I. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 31-41, 2004.
- LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 554-555, 2011.
- MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; LENZA, E.; MARIMON-JUNIOR, B.; OLIVEIRA, E. A.; MEWS, H. A.; GOMES, L.; FELDPAUSCH, T. R. Post-fire dynamics of woody vegetation in seasonally flooded forests (impucas) in the Cerrado-Amazonian Forest transition zone. **Flora**, v. 209, n. 5-6, p. 260-270, 2014.
- MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, p. 1-5, 2011.
- MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S.; FRAN CZAK, D. D.; LIMA, H. S.; LENZA, E.; ROSSETE, A. N.; MORESCO, M. C. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.26, n.1, p. 181-196, 2012.
- MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; LIMA, H. S.; JANCOSKI, H. S.; FRAN CZAK, D. D.; MEWS, H. A.; MORESCO, M. C. **Pantanal do Araguaia - ambiente e povo: guia de ecoturismo**. Cáceres: UNEMAT, 2008. 95p.

- MARIMON, B. S.; LIMA, E. S. Caracterização de fitofisionomia e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 15, n. 2, p. 213-229, 2001.
- MARTINS, I. C. M.; SOARES, V. P.; SILVA, E.; BRITES, E. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 299-309, 2002.
- MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.
- MASEK, J. G.; VERMOTE, E. F.; SALEOUS, N. E.; WOLFE, R.; HALL, F. G.; HUENNERICH, K. F.; FENG, G.; KUTLER, J.; TENG-KUI, L. A Landsat surface reflectance dataset for North America, 1990-2000. **Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 1, p. 68-72, 2006.
- MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M.A.; CHOMENTOWSKI, W. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086, 2013.
- MEDEIROS, M. B. D.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2004.
- MICHALSKI, F.; BOULHOSA, R. L. P.; FARIA, A.; PERES, C. A. Human-wildlife conflicts in a fragmented Amazonian forest landscape: Determinants of large felid depredation on livestock. **Animal Conservation**, v. 9, n. 2, p. 179-188, 2006.
- NASA-EOS, **Modis Reprojection Tool**, Department of Mathematics and Computer Science, South Dakota School of Mines and Technology . USGS EROS Data Center, 2002.
- NEVES, L. F. S.; MARIMON, B. S.; ANDERSON, L. O.; NEVES, S. M. A. S. Dinâmica de fogo no Parque Estadual do Araguaia, zona de transição Amazônia-Cerrado. **Submetido para publicação**.
- NEVES, L. F. S.; NEVES, S. M. A. S.; CANALE, G. R. Análise da fragmentação de Cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 2, p. 130-149, 2014.
- NIMER, E. Clima. IN: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 23-35, 1987.

- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Floodplain " Murundus" of Central Brasil: evidence for the termite-origin hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1-19, 1992.
- OLIVERAS, I.; ANDERSON, A. O.; MALHI, Y. Application of remote sensing to understanding fire regimes and biomass burning emissions of the tropical Andes. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 28, n. 4, p. 480-496, 2014.
- PADOVANI, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do Pantanal**. 174fl. Tese (doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba/ SP, 2010.
- PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, A. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 32, p. 139-148, 2013.
- PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G.; LEWIS, S. L.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; ARAGÃO, L. E.O. C.; LLOYD, J. et al. Drought-mortality relationships for tropical forests. **New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 631-646, 2010.
- RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburg Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p.57-109, 2003.
- RATTER, J.A; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburg Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.
- RATTER, J. A.; DARGIE, T.C.D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburg Journal of Botany**, v. 49, n. 2, p. 235-250, 1992.
- RESENDE, E. K. **Formulação de meios para promover a conservação da pesca no rio Taquari-MS. Relatório Final**. Projeto Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Alto Paraguai. ANA/GEF/PNUMA/OEA. 2003, 75p.
- RIBEIRO, C. E.; CARVALHO, G. A. Mapeamento do conflito do uso do solo em áreas de preservação permanente do município de Piedade dos Gerais/MG. **E-xacta**, v. 6, n. 1, p. 111-130, 2013.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 151-212, 2008.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.; FONSECA, C. E. L.; Ecosistemas de matas ciliares. **Simpósio de matas ciliares: ciência e tecnologia**, Belo Horizonte/MG, p. 12-25, 1999.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: os biomas do Brasil. In: **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Informação Tecnológica, p. 89-116, 1998.
- ROSA, R.; SANO, E. E. Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Paranaíba / Land use and vegetation cover in the Paranaíba River Basin. **Campo-Território**, v. 9, n. 19, p. 32-56, 2014.
- ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. S.; TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.
- SALESKA, S. R.; DIDAN, K.; HUETE, A. R.; ROCHA, H. R. Amazon Forests Green-Up During 2005 Drought. **Science**, v. 318, n. 5850, p. 612, 2007.
- SAMANTA, A.; GANGULY, S.; HASHIMOTO, H.; DEVADIGA, S.; VERMOTE, E.; KNYAZIKHIN, Y.; NEMANI, R. R.; MYNEMI, R. B. Amazon forests did not green-up during the 2005 drought. **Geophysical Research Letters**, v. 37, n.5, p. 1-5, 2010.
- SEPLAN-MT. **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica-ecológica**. Org.: Ligia Camargo. (Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral e Secretaria de Estado de Meio Ambiente). Cuiabá/MT: Entrelinhas, 2011, 96p.
- SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, número especial, p.1729-1737, 1998.
- SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction imagens derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n.1, p. 16-20, 1991.
- SILVA, V. F. OLIVEIRA FILHO, A. T.; VENTURIN, N.; CARVALHO, W. A. C.; GOMES, J. B. V. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma floresta estacional semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 701-716, 2005.
- SILVA, G. B. S.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ADAMI, M.; SANO, E. E. Discriminação da cobertura vegetal do Cerrado mato-grossense por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 186-194, 2010.
- VIEIRA, P. A. **Caracterização das unidades geomorfológicas da planície do Bananal**. 2002. 124 fl. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-ambientais, Universidade Federal de Goiás/GO, 2002.

VICTORIA, D. C.; ANDRADE, R. G.; PAZ, A. R. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal. **Geografia**, v. 34, n. Especial, p. 721-729, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

Constatou-se elevada ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia na estação seca, entre os meses de julho e outubro e variação entre os picos dos incêndios. Ao longo dos anos de 2000 a 2013 foram registradas, no máximo, oito recorrências de incêndios florestais no PEA, os quais queimaram 633.625 hectares, área está quase três vezes superior ao tamanho do Parque.

Se considerados os anos após a criação do Parque, em apenas um deles (2011) não houve registro de incêndios e em metade deles os incêndios atingiram entre 20 e 84% da área total do Parque. Neste caso, é necessário que a unidade responsável pelo Parque, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT), adote um plano mais eficiente de prevenção, monitoramento e combate ao fogo, visto que os incêndios têm adentrado até mesmo em fragmentos naturais de florestas sazonalmente inundáveis (impucas) cujas espécies não resistem ao fogo, remetendo a preocupação, visto que em termos de conservação representa grande risco a sua estrutura e composição florística.

Por ser uma Unidade de Proteção Integral, deve haver ações de prevenção e combate aos incêndios florestais, contratação de brigadistas, implementação de bases operativas, além de treinamentos e capacitação aos próprios moradores do PEA e do entorno. Conforme Decreto Nacional nº 2.661/1998, atividades de monitoramento, prevenção e combate aos incêndios florestais e uso controlado do fogo devem fazer parte da estratégia apresentada para o Cerrado. O uso do fogo é permitido em período específico, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente, realizado de forma controlada e seguindo um plano pré-elaborado e em observância às normas, caso este que de forma alguma ocorre no PEA.

A dinâmica sazonal da vegetação e da precipitação permitiu identificar o padrão sazonal das principais formações vegetais do PEA. A redução da dinâmica de inundações tende a aumentar a ocorrência de incêndios no Parque, que já ocorrem intensamente no período de seca. Neste caso, a mais extensa área do planeta coberta por campos de murundus, cuja paisagem é moldada pela inundação sazonal, poderá se transformar em uma área coberta por outro tipo de vegetação, como o cerrado típico. Neste caso, as florestas inundáveis (impucas), que só ocorrem na planície de

inundação do Araguaia e ocupam menos de 5% da área do PEA também poderão desaparecer.

Assim, o presente estudo apresentou uma importante contribuição para o manejo do PEA, tendo em vista que caracterizou a dinâmica espaço-temporal de incêndios, os meses de picos, a cobertura da terra, as áreas mais propensas à ocorrência de incêndios, a dinâmica de sazonalidade e o monitoramento espectral das formações vegetais do Parque. Estas informações são essenciais para se planejar, controlar e monitorar os incêndios no Parque Estadual do Araguaia.